

Научная статья

УДК 630*161.32:630х228.7

**КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ И ФЕРМЫ КАК СРЕДСТВО
УЛУЧШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА
ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
В Г. КРАСНОЯРСКЕ**

Наталья Александровна Тихонова¹, Иван Владимирович Косов²

^{1, 2} Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

¹ fenix-sun@yandex.ru

² letter-box@list.ru

Аннотация. В связи с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, большую актуальность набирает тема создания карбоновых полигонов или ферм. Предложен вариант создания устойчивых насаждений из местных видов и интродуцентов в санитарно-защитной зоне АО «Русал Красноярск». Что позволит как улучшить качество воздушной среды для жителей г. Красноярска, так и снизить углеродный след завода.

Ключевые слова: урбанизированные территории, защитные насаждения, интродуценты, углеродный след

Благодарности: работа выполнена в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН FWES-2025-0002.

Для цитирования: Тихонова Н. А., Косов И. В. Карбоновые полигоны и фермы как средство улучшения комфортности городской среды на территории промышленных предприятий в г. Красноярске // Вигоровские чтения = Vigorovsky readings : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию Уральского сада лечебных культур им. профессора Л. И. Вигорова. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 251–256.

Original article

**CARBON POLYGONS AND FARMS AS A MEANS OF IMPROVING
THE COMFORTABILITY OF THE URBAN ENVIRONMENT ON THE
TERRITORY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN KRASNOYARSK**

Natal'ya A. Tikhonova¹, Ivan V. Kosov²

^{1, 2} Sukachev Institute of Forest Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

¹ fenix-sun@yandex.ru

² letter-box@list.ru

Abstract. Due to the increasing concentration of greenhouse gases in the atmosphere, the topic of creating carbon polygons or farms is becoming increasingly relevant. An option has been proposed for creating sustainable plantations of their local species and introduced species in the sanitary protection zone of the JSC RUSAL Krasnoyarsk. This will improve the quality of the air for residents of Krasnoyarsk and reduce the carbon footprint of the plant.

Keywords: urbanized areas, protective plantations, introduced species, carbon footprint

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the basic project FRC KSC SB RAS FWES-2025-0002.

For citation: Tikhonova N. A., Kosov I. V. (2025) Karbonovye poligony i fermy kak sredstvo uluchsheniya komfortnosti gorodskoi sredy na territorii promyshlennykh predpriyatii v g. Krasnoyarske [Carbon polygons and farms as a means of improving the comfortability of the urban environment on the territory of industrial enterprises in Krasnoyarsk]. Vigorovskie chteniya [Vigorovskiy readings] : proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated to the 75th anniversary of the Ural Garden of Medicinal Crops named after Professor L. I. Vigorov. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 251–256. (In Russ).

Согласно Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае» за 2022 г. [1], Красноярск на протяжении многих лет входит в список самых грязных по составу воздуха городов России. Основными загрязнителями воздушной среды являются АО «Русал Красноярск» (КрАЗ), ООО «Красноярский цемент», ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3. Концентрации основных загрязняющих веществ (бензпирен, формальдегид, оксид углерода, диоксид азота, фенол, взвешенные вещества и т. д.) превышают ПДК в 3–5 раз, в отдельные дни в десятки раз (таблица).

На формирование благоприятного микроклимата урбанизированных территорий значительное влияние оказывает природный каркас города, основная роль в котором отводится древесной растительности, т. к. именно древесные насаждения характеризуются наибольшим средоулучшающим воздействием, большей поглотительной и очистительной способностью, в т. ч. в отношении углекислого газа как одного из парниковых газов [2, 3]. Лесные насаждения в среднем поглощают из воздуха и связывают 50–60 % токсичных газов [4].

В связи с тем, что в 2019 г. Россия присоединилась к Парижскому климатическому соглашению, промышленные предприятия страны обязывают уменьшить выбросы углекислого газа в окружающую среду до определенного уровня. Кроме дорогостоящих технических решений очищения атмосферы от промышленных выбросов, существует достаточно эффективный и более дешевый способ очистки воздуха и его декарбонизации – озеленение санитарно-защитных зон, а также территорий на большем отдалении от

экологически опасных предприятий. Поэтому в настоящее время в стране создаются так называемые карбоновые полигоны – участки, где будут испытывать технологии контроля за эмиссией и поглощением парниковых газов растительностью, а также изучать скорость фотосинтеза у разных видов растений. Определенный потенциал реализации данной программы в нашей стране, конечно, имеется – есть большое количество свободных земель и естественных лесов, которые могут быть использованы в качестве «углеродных полигонов».

Однако у данной программы имеется один недостаток – в ней предполагается изучать уже существующие экосистемы, не увеличивая площади и количество растений – поглотителей CO_2 . Кроме того, ввиду критического сокращения лесных массивов в стране в последнее время из-за пожаров и вырубок необходимо параллельно заниматься лесовосстановлением на пустующих землях. Лучшим решением вышеназванных проблем будет создание вокруг крупных предприятий 1–2 классов опасности лесных «карбоновых» плантаций или так называемых «карбоновых ферм». При этом они будут служить не только в качестве поглотителей CO_2 , но и уловителей массы других вредных выбросов предприятий.

На северо-востоке г. Красноярска расположен основной загрязнитель воздуха – второй крупнейший в мире алюминиевый завод (КрАЗ). При проектировании завода предполагалось построить его в 30 км от города и меньшей мощности. Во время строительства он находился рядом с границей города, однако сейчас он уже в черте города, что крайне негативно сказывается на качестве воздушной среды, т. к. город расположен в долине реки, которую окружают горные цепи, что определяет низкую рассеивающую способность атмосферы и, следовательно, накопление загрязнителей в городе и пригородной зоне [5]. Кроме того, в Красноярске недостаточное количество зеленых насаждений, на одного жителя города приходится всего $9,3 \text{ м}^2$. Решением проблемы снижения воздействия на город вредных выбросов от производства алюминия, а также снижения углеродного следа КрАЗом является организация в санитарной зоне вокруг предприятия карбоновых плантаций с наветренной и подветренной стороны (рис. 1).

Существующие ограниченные по площади зеленые насаждения, а также вновь созданные экспериментальные насаждения с более широким перечнем из пяти используемых местных и 15 интродуцированных древесных видов позволят на основе сведений о скорости их роста и интенсивности фотосинтеза отобрать устойчивые к условиям повышенного загрязнения воздуха виды деревьев и кустарников, а также лучшие фиксаторы углерода. В дальнейшем это позволит целенаправленно создавать сразу устойчивые и эффективные насаждения в санитарно-защитных зонах предприятий. В настоящее время в санитарно-защитной зоне КрАЗа растут тополя черный и лавролистый, береза повислая, ель сибирская, клен

ясенелистный, из них наименее устойчива береза повислая, насаждения из которой массово суховершинят с подветренной стороны предприятия.



Рис. 1. Территория КраЗа (красный контур) и предлагаемые места расположения участков под лесные насаждения (зеленый контур)

Следует отметить, что посадки зеленых насаждений в санитарно-защитной зоне промышленных предприятий требуют особого подхода, тщательного планирования из-за их большой важности для решения экологических проблем крупных промышленных городов и наибольшего воздействия на них губительных концентраций вредных веществ. Лесные массивы, расположенные поперек потока загрязненного воздуха, поступающего от предприятия, разбивают первоначальный концентрированный поток на ослабленные мелкие разнонаправленные потоки. Это способствует проветриванию территории и рассеиванию вредных примесей в воздухе [6].

В литературе приводятся разные схемы санитарно-защитных насаждений. Из них для создания карбоновых плантаций с санитарно-защитной функцией мы выбрали один из наиболее распространенных вариантов посадки – двухъярусные лесополосы газоустойчивых видов деревьев с кустарниковым подлеском. Для усиления газопоглощительной функции будут высажены 2–3 лесополосы с расстоянием между ними 7–8 м (рис. 2), при этом первая ближайшая к заводу полоса должна быть продуваемой, а последняя – плотной и не продуваемой, в соответствии с рекомендациями [7].

При планировании схем посадки древесных видов мы учитывали биоэкологические особенности видов и пользу двух противоположных построению густых и редких насаждений. Редкая посадка способствует лучшему проветриванию и выносу загрязненного воздуха в окружающее пространство, густая, наоборот, служит для очищения воздуха, аккумуляции вредных веществ в растениях и почве, что снижает их устойчивость, особенно в первых рядах насаждений. Поэтому лучшим, на наш взгляд, будет компромиссный вариант конструкции насаждений в санитарно-

защитной зоне: посадка деревьев био группами, загущенными внутри с введением под полог древостоя кустарников, чтобы именно они принимали на себя большую нагрузку. В просветах (коридорах) между ними также будут располагаться кустарники (рис. 2).

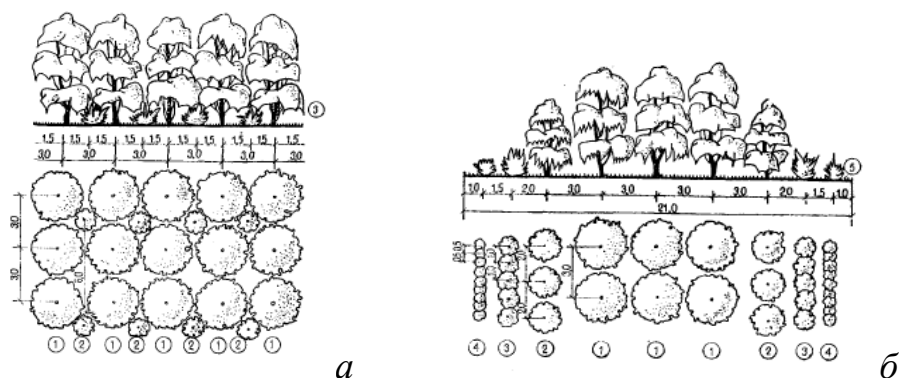


Рис. 2. *а* – лесной массив фильтрующего типа
(1 – деревья главной породы, 2 – кустарник, 3 – газон);
б – лесной массив изолирующего типа
(1 – деревья главной породы, 2 – деревья сопутствующей породы,
3 – кустарник высокий, 4 – кустарник средний, 5 газон)

Формированию продуваемых и непродуваемых участков будут способствовать также различия в архитектуре, ажурности крон разных видов деревьев – с раскидистыми и рыхлыми кронами виды дуб монгольский/черешчатый, черемуха Маакка, с густыми кронами ель колючая, псевдотсуга Мензиса. В перечень используемых видов входят также ясень пенсильванский, тополь берлинский, клен татарский, сосна скрученная, клен остролистный, орех манчжурский, клен Гиннала, ива белая, туя западная, бархат амурский, жимолость татарская, можжевельник казацкий, смородина золотистая.

Кроме того, мы планируем высевать смеси трав в качестве зеленых удобрений и защиты почвы от иссушения летом и сильного промерзания зимой, травы также будут препятствовать росту сорняков, что особо важно в первые годы, когда саженцы еще не окрепли и не подросли. Для этого подходят такие растения, как клевер луговой, клевер люпиновый, клевер ползучий, люцерна посевная, горошек мышиный, горчица белая, лапчатка гусиная, злаки – тимopheевка луговая, ежа сборная, мятлик луговой, овсяница луговая и др.

Создание карбоновых плантаций в санитарно-защитной зоне КраЗа между жилым микрорайоном и заводом позволит быстрее решить проблему загрязнения воздуха выбросами предприятия и снизить его «углеродный след». Использование большего ассортимента видов, включая интродуценты, даст больше возможностей для отбора наиболее устойчивых и продуктивных видов древесно-кустарниковой флоры и разнообразных вариантов их сочетания и схем посадки, лучших конструктивных решений.

Список источников

1. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2022 году : Государственный доклад. Красноярск, 2023. 367 с.
2. Замолодчиков Д., Грабовский В., Курц В. Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее и будущее // Устойчивое лесопользование. 2014. № 2 (39). С. 23–31.
3. Стратегия низкоуглеродного развития России и роль лесов в ее реализации / А. В. Птичников, Е. А. Шварц, Г. А. Попова, А. С. Байбар // Вестник российской академии наук. 2023. Т. 93, № 1. С. 36–49.
4. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб. : Наука, 1998. 328 с.
5. Красноярск. Экологические очерки / Р. Г. Хлебопрос, О. В. Тасейко, Ю. Д. Иванова, С. В. Михайлюта. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. 130 с.
6. Исхаков Ф. Ф., Кулагин А. А., Зайцев Г. А. Урбоэкология. Уфа : Изд-во БГПУ, 2015. 223 с.
7. Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий. М. : Стройиздат, 1984. 39 с.

References

1. On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2022 : State report. Krasnoyarsk, 2023. 367 p. (In Russ.).
2. Zamolodchikov D., Grabovsky V., Kurtz V. Carbon balance management in Russian forests: past, present and future // Sustainable forest management. 2014. № 2 (39). P. 23–31. (In Russ.).
3. Low-carbon development strategy of Russia and the role of forests in its implementation / A. V. Ptichnikov, E. A. Schwartz, G. A. Popova, A. S. Baibar // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2023. Vol. 93, № 1. P. 36–49. (In Russ.).
4. Frolov A. K. The environment of a large city and the life of plants in it. St. Petersburg : Nauka, 1998. 328 p. (In Russ.).
5. Krasnoyarsk. Ecological essays / R. G. Khlebopros, O. V. Taseiko, Yu. D. Ivanova, S. V. Mikhailyuta. Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2012. 130 p. (In Russ.).
6. Iskhakov F. F., Kulagin A. A., Zaitsev G. A. Urban ecology. Ufa : BSPU Publishing House, 2015. 223 p. (In Russ.).
7. Guide to designing sanitary protection zones of industrial enterprises. M. : Stroyizdat, 1984. 39 p. (In Russ.).