

Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-11-56-60>

УФИМЦЕВ В.И.

Канд. биол. наук,
заведующий лабораторией
Рекультивации нарушенных земель
Кузбасского ботанического сада
ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: uwy2079@gmail.com

КУПРИЯНОВ А.Н.

Доктор биол. наук, профессор,
главный научный сотрудник
Кузбасского ботанического сада
ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kupr-42@yandex.ru

Связывание углекислого газа растениями – важный способ снизить возрастающую концентрацию CO_2 в атмосфере и снизить темпы глобального потепления. Чем больше растений, тем больше углекислого газа связывается в процессе фотосинтеза, а та его часть, которая уйдет на образование древесины, надолго выпадет из углеродного цикла. Использование лесных насаждений на отвалах позволяет накапливать до 4 т/га чистого углерода в год. Для повышения углерододепонирующей способности лесных насаждений на участках лесной рекультивации следует отдавать предпочтение многоярусным природоподобным сообществам с существенной долей хвойных деревьев 1-й и 2-й величины – лесоэкологического направления или сосновым насаждениям лесохозяйственного назначения. Отвалы угольных месторождений могут являться карбоновыми фермами, на которых будут изучаться условия поглощения CO_2 , депонирование углерода, за счет которых возможно снижать углеродный след угледобывающих предприятий.

Ключевые слова: глобальное потепление, парниковые газы, углеродное сырье, карбоновые фермы, лесные ресурсы, молодые насаждения, отвалы угольных предприятий, углерододепонирующая способность лесных насаждений.

Для цитирования: Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2021. № 11. С. 56-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.

ВВЕДЕНИЕ

Связывание углекислого газа растениями – важный способ снизить возрастающую концентрацию углекислого газа в атмосфере и снизить темпы глобального потепления. Чем больше растений, тем больше углекислого газа связывается в процессе фотосинтеза, а та его часть, которая уйдет на образование древесины, надолго выпадет из углеродного цикла. Разрушение природных комплексов и выбросы CO_2 в атмосферу ускоряют процессы глобального потепления, которые могут привести к необратимым последствиям и, возможно, катастрофическим последствиям для человечества [1].

Первая попытка повлиять на снижение выбросов парниковых газов была предпринята путем реализации Киотского протокола (2008-2012). Соглашение обязывало страны-участницы сократить выбросы к 2012 г. Суть Киотского протокола заключалась в создании финансовых механизмов стимулирования глобального сокращения выброса парни-

ковых газов. Следствием этого явилась возможность торговли квотами на выброс парниковых газов [2, 3].

На смену Киотскому протоколу 12 декабря 2015 г. на 21-й сессии Конференции сторон рамочной конвенции ООН об изменении климата было принято Парижское соглашение. Российская Федерация подписала Парижское соглашение 22 апреля 2016 г. Стратегическая цель Парижского соглашения – удержание прироста глобальной средней температуры к концу XXI века в пределах «намного ниже» 2°C. Основным инструментом реализации Парижского соглашения является резкое снижение использования углеродного сырья в энергетическом секторе и прежде всего угля.

В январе 2021 г. Правительство РФ утвердило «Дорожную карту» по реализации эксперимента на территории Сахалинской области, согласно которой планируется впервые в России создать систему торговли углеродными единицами и обеспечить достижение углеродной нейтральности региона уже к 2025 г. «Законопроектом вводятся обязательные требования для регулируемых организаций, деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов свыше 50 тыс. т CO₂ и более, обязательные требования по представлению в уполномоченный орган углеродной отчетности и соблюдению установленной им квоты на выбросы», – говорится в пояснительной записке в законопроекте [4].

Для реализации программы снижения эмиссии углекислого газа в России будут создаваться карбоновые фермы (карбоновые полигоны) — площадки, где отрабатываются условия поглощения CO₂.

Проблемы реализации Парижского соглашения в России обуславливают высокую значимость уменьшения углеродного следа в энергетическом секторе. Актуальность снижения эмиссии углерода на территории Кемеровской области – Кузбасса обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов. Так, вследствие концентрации на относительно малой (95,5 тыс. км²) площади, по сравнению с соседними регионами, развитой горнодобывающей отрасли, доля которой в общероссийском масштабе угледобычи составляет около 60%, удельная площадь нарушенных земель в Кузбассе чрезвычайно высока. По данным официальной статистики, в Кузбассе нарушено около 100 тыс. га, а по экспертным оценкам – в 1,5-2 раза больше. Эта площадь постоянно растет – посчитано, что на 1 млн т добываемого угля изымается в среднем 36 га естественных экосистем. Таким образом, при среднегодовом уровне добычи в 250 млн т ежегодно оказываются уничтоженными около 9 тыс. га [5]. Полная деградация природных ландшафтов, которые, с большей или меньшей эффективностью, вносили свой вклад в дело секвестрации углекислого газа, еще более способствует ускорению темпов его эмиссии.

Проблема отрицательного баланса углерода обостряется тем, что Кузбасс – это один из немногих регионов в России, где доля каменного угля в структуре топливно-энергетического комплекса на фоне других видов топлива резко преобладает [6].

Ежегодно в Кузбассе сжигается более 10 млн т угля. Если учесть, что 1 га леса в период интенсивного роста аккумулирует в виде древесины около 3-4 т углерода, то для поглощения углекислого газа, выделяемого только

ТЭЦ, котельными и частными домовладениями, требуется 3-3,5 млн га молодых активно растущих древесных насаждений.

На первый взгляд, Кемеровская область богата лесами. Общая площадь земель лесного фонда в Кузбассе составляет около 5,3 млн га, или 56% территории региона. Большая часть из них занята труднопроходимой черневой тайгой Кузнецкого Алатау, главными ярусообразователями которой выступают пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) и осина (*Populus tremula* L.). Через всю область тянется лесостепная Кузнецкая котловина – ее облесенность многочисленными березовыми колками достигает 30-35%. На севере Кузбасса начинается Западно-Сибирская низменность с ее знаменитыми вековыми ельниками и кедровниками.

При оценке углеродного баланса прежде всего следует учесть, что около 60% лесов Кузбасса – это приспевающие, спелые и перестойные леса, которые имеют нулевой или отрицательный баланс углерода [7].

Оценка вышеперечисленных факторов демонстрирует, что, несмотря на лесное богатство Кузбасса, эмиссия углерода в Кузбассе преобладает над депонированием. Для выравнивания углеродного баланса требуется увеличение доли молодых насаждений в общей структуре лесного фонда.

Однако из этого не следует, что нужно усилить эксплуатацию тайги для последующего лесовосстановления. Таежные и другие экосистемы Кузбасса сами по себе уникальны и имеют невосполнимое значение в плане биологического разнообразия. Поэтому в целях омоложения лесных ресурсов, безусловно, необходимо использовать пустующие земли, в первую очередь – техногенные ландшафты, образованные при угледобыче. Приоритет лесного направления особенно актуален для отвалов вскрышных пород, находящихся в пределах горных отвалов угольных предприятий, в связи с чем их хозяйственное использование в ближайшей перспективе не представляется возможным [8].

ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА УГОЛЬНЫМИ КОМПАНИЯМИ

Облесение техногенных субстратов проводится видами деревьев и кустарников, хвойных и лиственных пород. При подборе схем рекультивации в аспекте депонирования углерода важнейшее место отводится оценке углерододепонирующей способности каждого из этих видов. Кустарниковые виды (в первую очередь облепиха (*Hippophaë rhamnoides* L.), карагана (*Caragana frutex* (L.) K. Koch.), различные виды ив, отрастают быстрее всего, кроме того, эти виды, благодаря высокой вегетативной и генеративной активности, быстро «затягивают» поверхность отвалов и способны формировать в течение первого десятка лет сомкнутый кустарниковый ярус (рис. 1).

В этом возрасте кустарники опережают деревья по эффективности накопления биомассы – в пересчете на чистый углерод – до 1 т/га в год. Однако кустарниковые сообщества на отвалах недолговечны – после 20 лет они начинают деградировать, а их способность к накоплению биомассы значительно падает, и к 30-40 годам кустарниковые насаждения имеют нулевой или отрицательный баланс углерода (рис. 2).



Рис. 1. Заросли облепихи на отвале Кедровского угольного разреза

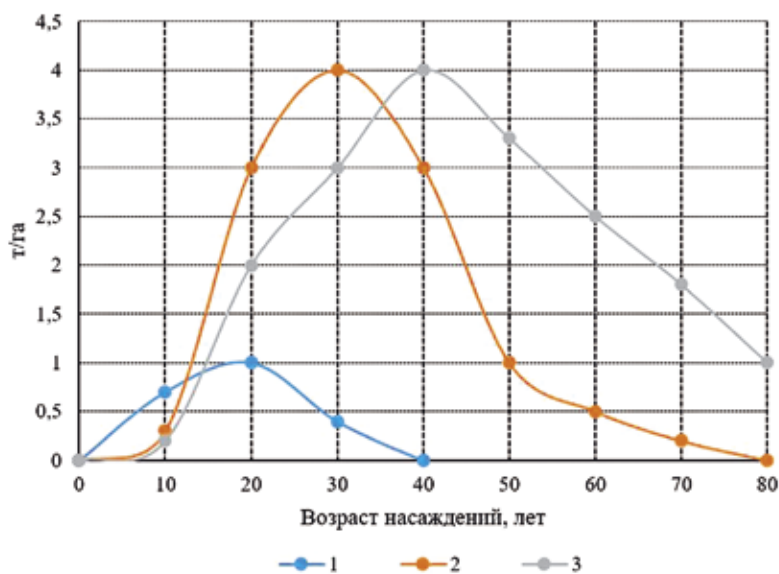


Рис. 2. Модель типов депонирования углерода древесными сообществами: 1 – кустарниковая растительность (облепиха, карагана, ива); 2 – мелколиственные породы (береза, тополь); 3 – хвойные насаждения (сосна, ель, лиственница)

Среди мелколиственных пород на отвалах наибольшей биологической продуктивностью обладают береза повислая и виды тополя – лавролистный (*Populus laurifolia* Ledeb.) и бальзамический (*P. balsamifera* L.). После 10 лет эти деревья начинают интенсивно расти, демонстрируя максимальный прирост биомассы в период между 20 и 30 годами, которая достигает 4 т/га чистого углерода в год. Однако после 30 лет темп прироста биомассы мелколиственных пород снижается, что связано с коротким онтогенетическим циклом этих растений. Деревья продолжают расти до 60-70-летнего возраста, однако их способность к накоплению древесины в значительной степени ослабевает, деревья часто поражаются различными грибными и бактериальными заболеваниями. После 80 лет насаждения мелколиственных пород, как правило, их углеродный баланс снижается до нулевой отметки.

Наиболее продолжительным периодом эффективного накопления древесной биомассы обладают хвойные деревья зональной арборифлоры (рис. 3).

Среди них рекордсменом по скорости роста и устойчивости в олиготрофных условиях отвалов является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), однако и эта ценная порода формирует основную часть биомассы в 30-40-летнем возрасте (переход из стадии жердняка в стадию средневозрастных насаждений), достигая в благоприятных условиях произрастания максимума текущего прироста древесины в возрасте 40-50 лет – до 4 т/га в пересчете на углерод. Деревья сосны продолжают наращивать биомассу и в стадии приспевающих древостоев – в возрасте 60-лет. Затем интенсивность накопления фитомассы снижается, однако сосновые древостои способны в течение длительного времени – до 120-150 лет – существовать как долголетние накопители углерода. Моновидовые культуры сосны следует рассматривать прежде всего с лесохозяйственной точки зрения – после окончания интенсивного роста (60-80 лет) они, выполнив свои функции по депонированию углерода, могут быть использованы в качестве источников деловой древесины.

Следует отметить, что на участках рекультивации в Кузбассе важнейшее значение в аспекте устойчивости насаждений и их стабильного функционирования имеет густота древостоев, которая опосредованно влияет на интенсивность и продолжительность бездефицитного углеродного баланса (рис. 4). Выделяются четыре градации густоты насаждений, при которых на участках рекультивации формируются высокосомкнутые, сомкнутые, среднесомкнутые и несомкнутые насаждения – соответственно, 4 тыс., 2 тыс., 1 тыс. и 0,5 тыс. деревьев на 1 га.

Высокосомкнутые насаждения характеризуются наиболее интенсивным приростом древесины до 20 лет, затем – прирост снижается за счет смыкания кроны и резкого сокращения радиального прироста. К 40 годам наступает максимум прироста накопления биомассы сомкнутых насаждений, после чего они также снижают величину годичного прироста при значительном сужении годичных колец. И высокосомкнутые, и сомкнутые насаждения к 60-70 годам имеют нулевой баланс углерода.

Среднесомкнутые и несомкнутые насаждения имеют значительно более растянутый период эффективного накопления биомассы. Достигая максимума к 50-60 годам, эти насаждения продолжают накапливать углерод и впоследствии. Причинами такого длительного и эффективного нарастания запасов древесины являются, во-первых, слабое влияние на рост годичных колец деревьев в толщину, во-вторых, развитие больших запасов деятельной нестволовой древесины кроны, обеспечивающей интенсивный фотосинтетический процесс, и, в-третьих, в условиях непол-

ной сомкнутости формируются благоприятные условия для лесообразовательного процесса – в результате обсеменения поверхности появляется второе поколение деревьев, доля которого в структуре биомассы постоянно возрастает.

Сочетание на участках рекультивации древесных видов, обладающих различными онтогенетическими максимумами накопления углерода, позволит выровнять этот процесс в течение времени. Так, кустарники, обладающие коротким, 20-30-летним, циклом, следует использовать под покров долгорастущих деревьев, например кедра сибирского, сосны обыкновенной или ели сибирской, в зависимости от зонального расположения техногенных ландшафтов. Такие виды, как карагана древовидная и рябина сибирская, формируют нижний лесной ярус (подлесок), хорошо выдерживают отенение деревьев-ярусообразователей, когда последние занимают господствующее положение. Кедр (сосна сибирская – *Pinus sibirica* Du Tour.) очень хорошо растет при совместном выращивании с сосной лесной, обладающей повышенным ходом роста, а также успешно произрастает под покровом молодых березняков (рис. 5).

Применение на участках рекультивации совместных посадок древесных видов, обладающих разной жизненной стратегией, величиной годичного прироста, но в то же время и комплементарной реакцией на совместное произрастание, позволяет более полно использовать экологические ниши и обеспечить формирование богатовидовых лесных сообществ с более высокой биологической продуктивностью. На каждом возрастном этапе насаждения на накопление углерода «работает» определенная категория древесных растений, что в целом обеспечивает повышенный эффект депонирования по сравнению с моновидовыми насаждениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для восполнения потерь углерододепонирующей функции естественных лесных экосистем региона и уменьшения углеродного следа в результате разработки месторождений каменного угля лесовосстановление в Кемеровской области должно проводиться на площади не менее 9 тыс. га ежегодно при активном вовлечении отвалов вскрышных пород угольной промышленности. Для повышения углерододепонирующей способности лесных насаждений на участках лесной рекультивации следует отдавать предпочтение многоярусным природоподобным сообществам с существенной долей хвойных деревьев 1-й и 2-й величины – лесоэкологического направления или сосновым насаждениям лесохозяйственного назначения.



Рис. 3. Сосновые насаждения на отвалах Кедровского угольного разреза

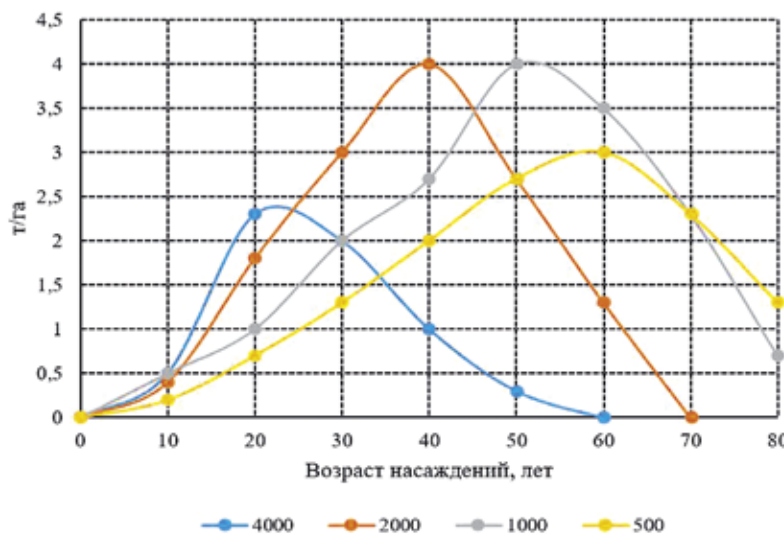


Рис. 4. Модель депонирования углерода разногустотными сосновыми насаждениями на отвалах вскрышных пород угольной промышленности

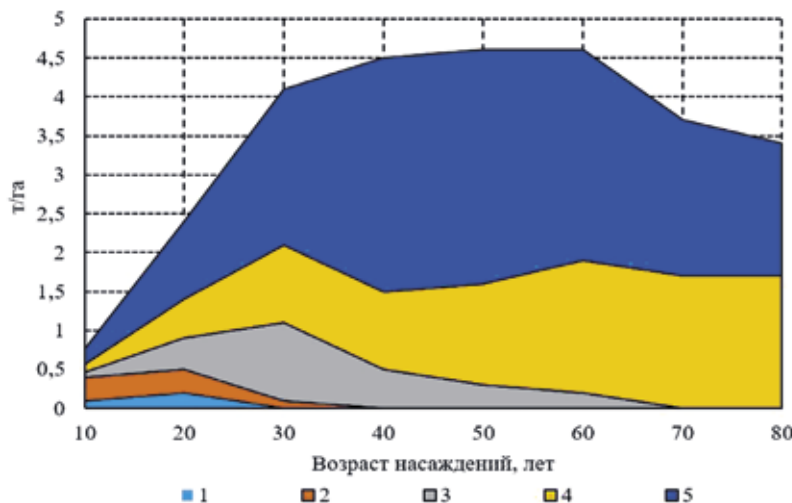


Рис. 5. Модель депонирования углерода поликомпонентными многоярусными насаждениями на участках рекультивации: 1 – кустарники 1-го подъяруса; 2 – кустарники 2-го подъяруса; 3 – деревья 3-й величины; 4 – деревья 2-й величины; 5 – деревья 1-й величины

Список литературы

1. Wallas-Wells D. The Uninhabitable Earth: Life after Warming. New York, USA: Tim Duggan Books, 2019. 320 p.
2. Федоров Б.Г., Моисеев Б.Н., Синяк Ю.В. Поглощающая способность лесов России: выбросы углекислого газа энергетическими объектами // Проблемы прогнозирования. 2011. № 3. С. 127-142.
3. Добровольные системы и стандарты снижения выбросов парниковых газов / М.А. Юлкин, В.А. Дьячков, А.В. Самородов и др. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 100 с.
4. МЭР подготовило законопроект о начале эксперимента по снижению выбросов CO₂ на Сахалине. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/mer-podgotovilo-zakonoproekt-o-nachaleeksperimenta-po-](https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/mer-podgotovilo-zakonoproekt-o-nachaleeksperimenta-po-snizheniyu-vybrosov-co2-na-sakhaline-1030272002)

snizheniyu-vybrosov-co2-na-sakhaline-1030272002 (дата обращения: 15.10.2021).

5. Манаков Ю.А., Куприянов А.Н., Копытов А.И. Добыча каменного угля в аспекте устойчивого развития региона // Уголь. 2018. № 9. С. 89-94. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.
6. Добыча угля в Кузбассе и новые экотехнологии / А.И. Копытов, О.А. Куприянов, Ю.А. Манаков и др. // ЭКО. 2021. № 6. С. 67-76.
7. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69-92.
8. Уфимцев В.И., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. 44 с.

Original Paper

UDC 622.85:622.882:622.271.45(571.17) © V.I. Ufimtsev, A.N. Kupriyanov, 2021
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 11, pp. 56-60
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-11-56-60>

Title**CARBON FARMS-DUMPS OF COAL ENTERPRISES OF KUZBASS****Authors**

Ufimtsev V.I.¹, Kupriyanov A.N.¹

¹ Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of SB RAS, Kemerovo, 650065, Russian Federation

Authors Information

Ufimtsev V.I., PhD (Biological), Head of the Laboratory of Reclamation of disturbed lands of Kuzbass botanical garden, e-mail: uwy2079@gmail.com
Kupriyanov A.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher of Kuzbass botanical garden, e-mail: kupr-42@yandex.ru

Abstract

The binding of carbon dioxide by plants is an important way to reduce the increasing concentration of CO₂ in the atmosphere and reduce the rate of global warming. The more plants there are, the more carbon dioxide is bound during photosynthesis, and the part of it that will go to the formation of wood will fall out of the carbon cycle for a long time. The use of forest stands on dumps allows to accumulate up to 4 t / ha of pure carbon per year. To increase the carbon-depositing capacity of forest stands in forest reclamation areas, preference should be given to multi-tiered nature-like communities with a significant proportion of coniferous trees of the 1-st and 2-nd magnitude-the forest-ecological direction, or pine stands for forestry purposes. The dumps of coal deposits can be carbon farms where the conditions of CO₂ absorption and carbon deposition will be studied, due to which it is possible to reduce the carbon footprint of coal mining enterprises.

Keywords

Global warming, Greenhouse gases, Carbon feedstock, Carbon farms, Forest resources, Young stand, Coal mine waste dumps, Carbon sequestration capacity of forest stands.

References

1. Wallas-Wells D. The Uninhabitable Earth: Life after Warming. New York, USA: Tim Duggan Books, 2019, 320 p.
2. Fedorov B.G., Moiseev B.N. & Sinyak Yu.V. Carbon sequestration capacity of Russian forests: carbon dioxide emissions from energy facilities. *Problemy prognozirovaniya*, 2011, (3), pp. 127-142. (In Russ.).

3. Yulkin M.A., Dyachkov V.A., Samorodov A.V. et al. Voluntary systems and standards to reduce greenhouse gas emissions. Moscow, World Wildlife Fund (WWF), 2013, 100 p. (In Russ.).
4. The Ministry of Economic Development has drafted a bill to start an experiment to reduce CO₂ emissions on Sakhalin. [Electronic resource]. Available at: <https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/mer-podgotovilo-zakonoproekt-o-nachaleeksperimenta-po-snizheniyu-vybrosov-co2-na-sakhaline-1030272002> (accessed 15.10.2021). (In Russ.).
5. Manakov Yu.A., Kupriyanov A.N. & Kopytov A.I. Kuzbass coal mining for the region stable development. *Ugol'*, 2018, (9), pp. 89-94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.
6. Kopytov A.I., Kupriyanov O.A., Manakov Yu.A. et al. Coal mining in Kuzbass and new ecotechnologies. *EKO*, 2021, (6), pp. 67-76. (In Russ.).
7. Shvidenko A.Z. & Shchepashchenko D.G. Carbon budget of Russian forests. *Sibirskiy lesnoy zhurnal*, 2014, (1), pp. 69-92. (In Russ.).
8. Ufimtsev V.I., Manakov Yu.A. & Kupriyanov A.N. Methodological recommendations on forest reclamation of disturbed lands at coal industry operations in Kuzbass. Kemerovo, Irbis Kemerovo Regional Environmental Public Organisation, 2017, 44 p. (In Russ.).

For citation

Ufimtsev V.I. & Kupriyanov A.N. Carbon farms-dumps of coal enterprises of Kuzbass. *Ugol'*, 2021, (11), pp. 56-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.

Paper info

Received September 7, 2021
 Reviewed October 12, 2021
 Accepted October 15, 2021