

# Температурный режим рекультивированных почв с использованием отходов углеобогащения в Кузбассе\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-60-65>

## СЕМИНА И.С.

Канд. биол. наук,  
доцент кафедры геологии, геодезии  
и безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУВО «Сибирский государственный  
индустриальный университет»,  
654007, г. Новокузнецк, Россия,  
e-mail: semina.i@mail.ru

## АНДРОХАНОВ В.А.

Доктор биол. наук,  
директор ФГБУН Институт  
почвоведения и агрохимии СО РАН,  
главный научный сотрудник  
ФГБУН Институт водных  
и экологических проблем,  
630090, г. Новосибирск, Россия

## ШИПИЛОВА А.М.

Канд. сельхоз. наук,  
доцент кафедры геологии, геодезии  
и безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУВО «Сибирский государственный  
индустриальный университет»,  
654007, г. Новокузнецк, Россия,  
e-mail: asya\_nk77@mail.ru

На основании оценки параметров температурного режима рекультивированных почв определено, что сумма биологически активных температур ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ ) молодых почв на рекультивированных участках выше, чем у приземного слоя воздуха. Ее значения превышают температуру воздуха на 200–500 градусов. Максимальное превышение отмечается в инициальных эмбриоземах, участок практически без растительности, минимальное – в черноземах выщелоченных (контроль). Сумма температур выше  $10^\circ\text{C}$  в верхнем 5-сантиметровом слое различных почв варьирует в широких пределах. Максимальные значения отмечаются в инициальных эмбриоземах (точка 1) и превышают  $2500^\circ\text{C}$ ; в техноземах, верхняя часть профиля которых сформирована суглинками (точка 2), приближаются к  $2400^\circ\text{C}$ . В техноземе гумусогенном недифференцированном, с нанесением смеси потенциально плодородных пород (ППП) и плодородного слоя почвы (ПСП) на поверхность отвала (точка 4), сумма биологически активных температур ниже; здесь она максимально приближена к температуре естественных, зональных почв. Отмечается, что сформированные с участием углеобогатительных пород эмбриоземы и техноземы характеризуются более высокой теплообеспеченностью по сравнению с зональными почвами.

**Ключевые слова:** рекультивация, почва, отходы углеобогащения, техноземы, эмбриоземы, температура почв, плодородный слой почвы, породы, корнеобитаемый слой.

**Для цитирования:** Семина И.С., Андроханов В.А., Шипилова А.М. Температурный режим рекультивированных почв с использованием отходов углеобогащения в Кузбассе // Уголь. 2022. № 7. С. 60-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-60-65.

## ВВЕДЕНИЕ

Кузбасс является одним из развитых промышленных регионов России. Объем добычи угля в Кузбассе за январь–сентябрь 2021 г. составил 178,03 млн т, и в сравнении с 2020 г., за аналогичный период, добыча угля увеличилась на 9% [1].

Функционирование горнодобывающего и перерабатывающего производства оказывает существенное влияние на компоненты окружающей среды, происходят деградация рельефа местности, разрушение почвенного покрова, изменение и уничтожение растительных сообществ, и образование отходов, объемы которых обусловлены масштабами добычи полезных иско-

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-44-420006/20.

паемых, технологией отработки месторождений и объемами обогащения углей [2].

Особое место занимают углесодержащие отходы после обогащения, и вопрос о размещении и переработке отходов является актуальным.

На основании нормативной документации отходы промышленного производства должны складироваться в специальных инженерных сооружениях, которые учитываются как объекты размещения отходов [3]. Однако часто, на техническом этапе рекультивации, с целью ликвидации карьерных выемок и искусственно созданных полостей используются отходы производства, в том числе и отходы углеобогащения.

В настоящее время накоплен существенный опыт рекультивации техногенных отвалов, в том числе сложенных фитотоксичными субстратами. На поверхности данных отвалов формируется корнеобитаемый слой из материала, пригодного для биологического освоения [4, 5, 6]. Также, ряд исследователей рассматривают применение угля в восстановлении нарушенных территорий [7, 8].

Проведенное ранее обследование участков рекультивации с использованием отходов углеобогащения (продукт флотации «кек» и порода после углеобогащения) с использованием классификации почв техногенных ландшафтов [9] показало, что на участках сформировались молодые почвы: техноземы (с нанесением на поверхность смеси из потенциально плодородной породы (ППП) и плодородного слоя почвы (ПСП)) и инициальные эмбриоземы (без нанесения на поверхность отвала PPP и ПСП).

Установлено, что техноземы и эмбриоземы характеризуются повышенной плотностью, и связано это с особенностями их формирования и значительным переуплотнением при проведении технического этапа рекультивации. Однако, проведение биологического этапа рекультивации способствует улучшению агрофизических свойств, и через пять лет показатели в верхних слоях отсыпанного горизонта приближаются к уровню контрольного варианта (1,20 г/см<sup>3</sup>). По гранулометрическому составу, по классификации Качинского, материал мелкоземной части почв и субстратов в основном относится к средним и тяжелым суглинкам и глинам с содержанием фракции физической глины 45–66%. Содержание частиц физической глины (фракции менее 0,01 мм) в субстратах подстилающих пород (горизонт D) в отдельных случаях уменьшается до 30%. Показатели значений pH исследованных почв варьируют в интервале от 8,04 до 9,22, что свидетельствует о сильнощелочной реакции почвенного раствора. Наибольшие значения pH характерны для подстилающих слоев, сложенных углевмещающими породами, оставшимися после обогащения. Установлено, что гумусовые вещества собственно педогенного происхождения присутствуют только в верхних горизонтах исследуемых почв, сформированных на рекультивированных участках с использованием потенциально плодородной породы и плодородного слоя почв. Распределение углерода в подстилающем горизонте D техноземов и инициальных эмбриоземов, сложенных отходами углеобогащения изменяется от 11,2 до 26,5%, что существенно превышает содержание углерода в естественных почвах. Это прежде всего свя-

зано с содержанием углистых частиц в данном субстрате [10]. Анализ содержания токсичных элементов в исследуемых почвах в валовой и подвижной формах показывает, что практически все элементы содержатся в концентрациях ниже ПДК, ОДК, не превышая нормируемых показателей. Однако, отмечается превышение ПДК для валовых форм мышьяка. Практически во всех техноземах и эмбриоземах наблюдается превышение среднего содержания кларка в земной коре.

В ходе геоботанического обследования выявлено, что на исследуемых почвах – техноземах (с нанесением на поверхность PPP, смеси ПСП и PPP и послойным размещением этих материалов) создаются благоприятные условия для более интенсивного формирования первичного фитоценоза [10]. Так, проективное покрытие (80–90%) на исследованных участках, имеющих возраст 4, 8 и 10 лет, приближается к проективному покрытию ненарушенных участков (95%). С увеличением возраста участка отмечается увеличение видового разнообразия – до 20 видов (в составе которых обнаруживается высокая доля аборигенных видов) при условии, что этот показатель колеблется в разные периоды времени в результате постепенного замещения однолетних на многолетние рудеральные виды и одновременного замещения их аборигенными. Также наблюдается постепенное увеличение фитомассы [11].

На участке с инициальными эмбриоземами, на котором биологический этап рекультивации не проводился и верхний слой отвала сформирован из отходов углеобогащения, зафиксировано значительное видовое разнообразие – 22 вида с проективным покрытием не более 7%. Необходимо подчеркнуть, что все представленные на данном участке растения находятся в угнетенном состоянии [11].

В связи с вышеизложенными негативными антропогенными факторами (высокая плотность, pH и значительное содержание углистых частиц в горизонте D), влияющими на развитие растительного и почвенного покрова, дополнительной причиной угнетенного состояния растений на участке с инициальными эмбриоземами может быть изменение теплового режима нарушенных территорий [12]. Ведь именно температура почвы, наряду с влажностью, оказывает мощное воздействие на основные почвообразующие процессы, накопление биомассы и биологическую продуктивность ландшафта [13, 14, 15].

Цель работы: сравнительный анализ температурного режима молодых почв, сформированных на рекультивированных участках с отходами углеобогащения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наблюдение за температурным режимом проводилось на участках, рекультивированных с использованием отходов углеобогащения (продукта флотации «кек» и породы после углеобогащения). Участки располагаются на территории г. Ленинска-Кузнецкого, в западной части Кемеровской области – Кузбасса, практически в центре Кузнецкой котловины. Сформированные участки рекультивации различаются возрастом после выполнения рекультивационных работ (4–10 лет) и технологией формирования корнеобитаемого слоя. В качестве контрольного варианта был выбран участок с естественными почвами – черноземами

выщелоченными. В соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов [3] молодые почвы на участках рекультивации представлены:

- без нанесения на поверхность отвала ППП и ПСП (точка 1 – эмбриозем инициальный, возраст участка – семь лет, поверхность участка сложена хаотичной смесью плотных (аргиллиты, алевролиты и песчаники) осадочных пород с примесью углистых частиц;
- с нанесением на поверхность ППП (точка 2 – технозем литогенный, возраст участка – четыре года);
- с нанесением на поверхность отвала смеси ППП и ПСП (точка 4 – технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – восемь лет).

Разрезы заложены на горизонтальной поверхности в центральной части участков. Контрольный участок – чернозем выщелоченный (точка б). Также проводись наблюдения за температурой воздуха на рекультивированных и контрольном участках.

Измерение температурного режима в исследуемых почвах осуществлялось с использованием датчиков «Термохрон», которые устанавливались на глубинах 5, 15 и 35 см. Изучение температурного режима проводилось в течение одного года (с июня 2020 г. по июнь 2021 г.). Полученные данные использовались для определения температур, по которым в дальнейшем были рассчитаны среднегодовые значения и суммы биологически активных ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ ) температур (рис. 1, 2).

Кроме того, учитывались максимальные и минимальные показатели, максимальные и минимальные среднесуточные температуры, суммы отрицательных и положительных среднесуточных температур, переход к отрицательным и положительным температурам (см. таблицу).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из исследований следует, что сумма биологически активных температур почв выше ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ ), чем у приземного слоя воздуха (рис. 1). Ее значения превышают температуру воздуха на 200–500 градусов. При этом максимальное превышение отмечается в инициальных эмбриоземах (точка 1), минимальное – в черноземах выщелоченных (точка б).

Из приведенных на рис. 1 данных следует, что сумма температур выше  $10^\circ\text{C}$  в верхнем 5-сантиметровом слое различных почв варьирует в широких пределах. Максимальные значения в инициальных эмбриоземах (точка 1)

превышают  $2500^\circ\text{C}$ ; в техноземах, верхняя часть профиля которых сформирована суглинками (точка 2), приближаются к  $2400^\circ\text{C}$ . В техноземе гумусогенном недифференцированном, с нанесением на поверхность отвала смеси ППП и ПСП (точка 4) сумма биологически активных температур ниже; здесь она максимально приближена к температуре зональных почв.

Оценивая изменение суммы биологических температур с глубиной, можно отметить снижение ее значений вниз по профилю (рис. 2). В среднем она уменьшается на  $200^\circ\text{C}$  до глубины 35 см (горизонт D). Исключением в ряду исследуемых почв является технозем (точка 2). Это, по всей видимости, связано с более легким гранулометрическим составом суглинков и особенностями режима увлажнения, определяемыми меньшей водоудерживающей способностью легких суглинков, а также менее развитым

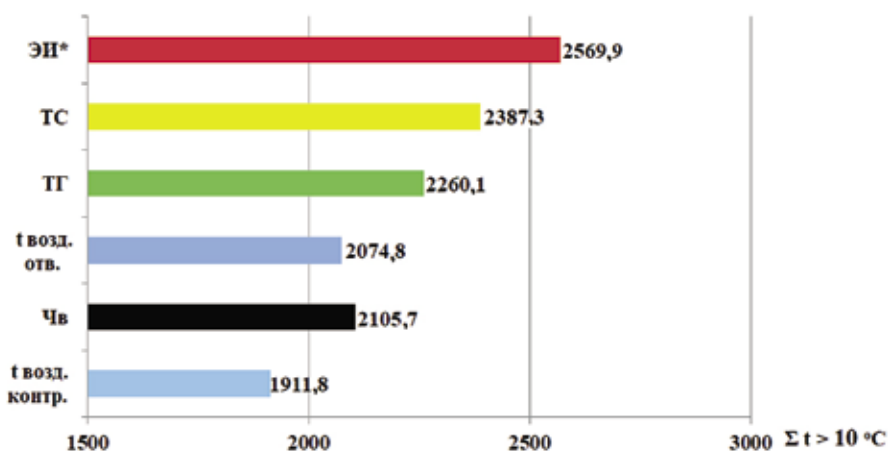


Рис. 1. Сумма биологически активных температур воздуха и почв на глубине 5 см: ЭИ – эмбриоземы инициальные (точка 1); ТС – технозем литогенный (точка 2) недифференцированный; ТГ – технозем гумусогенный недифференцированный (точка 4); Чв – черноземы выщелоченные

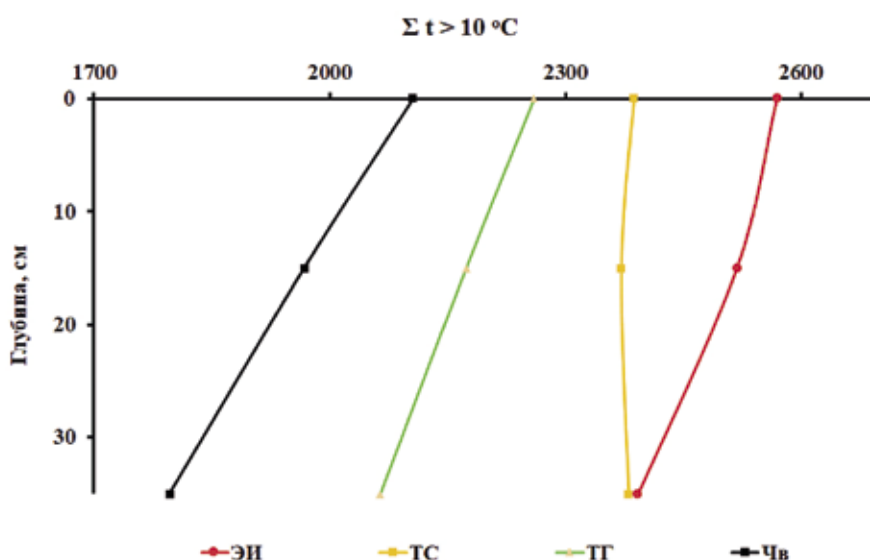


Рис. 2. Распределение по профилю почв сумм температур выше  $10^\circ\text{C}$ : ЭИ – эмбриоземы инициальные (точка 1); ТС – технозем литогенный (точка 2) недифференцированный; ТГ – технозем гумусогенный недифференцированный (точка 4); Чв – черноземы выщелоченные

**Основные показатели, характеризующие температурный режим 35-сантиметрового слоя исследуемых почв**

Тип почв	Глубина, см	Температура, °С									Сумма температур выше 10°С
		Среднегодовая	Минимальная	Максимальная	Максимальная среднесуточная	Минимальная среднесуточная	Сумма отрицательных среднесуточных	Сумма положительных среднесуточных	Переход к отрицательным	Переход к положительным	
Эмбриозем инициальный (ЭИ) – точка 1	5	6,8	-8,0	40,5	31,0	-7,7	-522,0	2874,35	14.11.20	05.04.21	2569,9
	15	7,5	-5,0	30,0	27,9	-5,0	-338,3	2894,08	18.11.20	04.04.21	2518,7
	35	7,7	-3,5	26,5	26,0	-3,5	-207,2	2829,8	01.12.20	11.04.21	2392,6
Технозем литогенный (ТС) – точка 2	5	6,7	-5,0	36,5	29,3	-5,0	-368,2	2686,68	15.11.20	06.04.21	2387,3
	15	7,1	-4,0	28,0	26,5	-4,0	-278,6	2718,13	01.12.20	11.04.21	2370,5
	35	7,5	-26,5	26,0	25,8	-3,0	-190,3	2766,81	11.12.20	12.04.21	2380,5
Технозем гумусогенный недифференцированный (ТГ) – точка 4	5	5,9	-15,0	39,0	28,6	-12,2	-590,6	2608,71	15.11.20	03.04.21	2260,1
	15	6,1	-9,0	26,0	24,3	-8,1	-424,5	2520,76	30.11.20	08.04.21	2173,5
	35	6,2	-6,0	22,5	22,5	-6,0	-327,5	2462,13	26.12.20	18.04.21	2064,6
Чернозем выщелоченный (Чв) – контроль	5	5,3	-10,5	33,0	27,3	-10,1	-590,3	2400,48	16.11.20	09.04.21	2105,7
	15	5,3	-8,5	24,5	23,0	-8,3	-469,6	2307,06	01.12.20	15.04.21	1967,2
	35	5,4	-6,5	21,0	20,2	-6,5	-369,3	2225,35	27.12.20	29.04.21	1796,0
Т воздуха – контроль	–	1,0	-40,0	3,5	24,9	-39,5	-1961,75	2314,5	13.11.20	07.04.21	1911,8

растительным покровом на данном участке. Поэтому в этих почвах эффект от прогревания отсыпанного слоя ППП выражен равномерно по всей рассматриваемой толще.

Оцениваемые параметры теплового режима также показывают, что за период измерений температура верхней части почв (5-сантиметрового слоя) опускалась до -15°С в зимний период и поднималась до +40°С летом (см. таблицу).

Ее среднегодовые значения остались в интервале от 5,3 до 7,7°С. Наиболее высокие значения среднегодовых и максимальных температур зафиксированы в инициальных эмбриоземах (точка 1), что, очевидно, связано с темно-серой окраской субстрата и высокой каменистостью, сглаживающего поверхность этих почв, а также со слабым развитием растительного покрова (общее проективное покрытие – не более 7%). Среднегодовая температура воздуха и почвы за период исследования существенно различается. В то же время температура воздуха на данной территории различалась незначительно. Над отвалами она составила 1,2°С, над контролем – 1,0°С. Во всех почвах на рекультивированных участках средняя температура также была положительной и существенно выше, чем температура воздуха контрольного варианта. Максимальная среднесуточная температура была зафиксирована в инициальных эмбриоземах (точка 1) и составляла 31,0°С (глубина 5 см), что выше на 3,1°С в сравнении с контрольным вариантом. Минимальная среднесуточная температура отмечена в техноземах гумусогенных недифференцированных (точка 4) и составляла 10,1°С (глубина 5 см), что максимально приближено к контрольному варианту (см. таблицу).

Максимальная среднесуточная температура на глубине 35 см была зафиксирована в инициальных эмбриоземах (точка 1) и техноземах литогенных (точка 2) и составляла 26,0°С, что выше на 6°С, чем в контрольном варианте.

Анализ данных температурного режима в зимний период также показал существенные различия температур и их динамику на глубине, между рекультивированными почвами и контрольным вариантом. Так, минимальная среднесуточная температура на глубине 35 см в инициальных эмбриоземах (точка 1) составляла -3,5°С, что теплее на 3°С контрольного варианта (черноземы выщелоченные) (см. таблицу). Следует отметить, что в данный период все рекультивированные почвы с увеличением глубины теплее, чем контрольный вариант.

Переход к отрицательным температурам для воздуха над рекультивированными почвами и контрольным вариантом был зафиксирован 13 ноября 2020 г. В рекультивированных почвах и контрольном варианте данное событие произошло несколько позже: эмбриоземы инициальные (точка 1) – 14 ноября 2020 г. (глубина 5 см) и 1 декабря 2020 г. (глубина 35 см); техноземы литогенные (точка 2) – 15 ноября 2020 г. (глубина 5 см) и 11 декабря 2020 г. (глубина 35 см); техноземы гумусогенные недифференцированные (точка 4) – 15 ноября 2020 г. (глубина 5 см) и 26 декабря 2020 г. (глубина 35 см); черноземы выщелоченные (контроль) – 16 ноября 2020 г. (глубина 5 см) и 27 декабря 2020 г. (глубина 35 см).

Устойчивый переход к положительным температурам воздуха над рекультивированными почвами отмечен 3 апреля 2021 г., над контрольным вариантом – 7 апреля 2021 г. Это может быть вызвано более быстрым сходом снега на рекультивированных участках по сравнению с контрольным. Переход через ноль к положительным температурам в рекультивированных почвах и контрольном варианте зафиксирован в разное время, а именно: эмбриоземы инициальные (точка 1) – 5 апреля 2021 г. (глубина 5 см) и 11 апреля 2021 г. (глубина 35 см); техноземы литогенные (точка 2) – 6 апреля 2021 г. (глубина 5 см)

и 12 апреля 2021 г. (глубина 35 см); техноземы гумусогенные недифференцированные (точка 4) – 3 апреля 2021 г. (глубина 5 см) и 18 апреля 2021 г. (глубина 35 см); черноземы выщелоченные (контроль) – 9 апреля 2021 г. (глубина 5 см) и 29 апреля 2021 г. (глубина 35 см).

Из наблюдений за устойчивыми переходами в сторону отрицательных и положительных температур рекультивированных почв и контрольного варианта следует, что в зимний период времени с увеличением глубины по профилю эмбриоземы инициальные (точка 1) и техноземы литогенные (точка 2) быстрее выхолаживаются, а в весенний период – интенсивнее прогреваются. Причинами такого различия для инициальных эмбриоземов (точка 1), как было уже отмечено выше, являются темно-серая окраска субстрата, высокая каменистость слагающей поверхность этих почв, а также незначительный растительный покров (общее проективное покрытие – не более 7%, растения находятся в угнетенном состоянии), для технозема литогенного (точка 2) – незначительная мощность верхнего слоя из потенциально плодородной породы (около 20 см). Также эти варианты обладают меньшей влагоемкостью по сравнению с другими рекультивированными участками.

В техноземе гумусогенном недифференцированном (точка 4) события устойчивого перехода в сторону отрицательных и положительных температур приближены к контрольному варианту. Хороший растительный покров (общее проективное покрытие более – 80%) и более мощный верхний слой (30 см) из потенциально плодородной породы (по гранулометрическому составу, по классификации Качинского, материал мелкоземной части субстратов в основном относится к тяжелым суглинкам и глинам), а также наличие плодородного слоя почвы позволяют дольше удерживать влагу и обеспечивают наиболее благоприятные гидротермические условия для развития растительного покрова и восстановления почвенных процессов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценивая параметры температурного режима исследуемых почв, можно утверждать, что сформированные с участием углевещающих пород эмбриоземы и техноземы характеризуются более высокой теплообеспеченностью по сравнению с зональными почвами. Согласно классификации теплового режима почв, предложенной В.Н. Димо, зональные почвы (черноземы выщелоченные) относятся к холодным, длительно и сезонно промерзающим почвам [16], а все рекультивированные почвы по этой классификации уже относятся к сезонно промерзающим, что свидетельствует о более высокой теплообеспеченности данных территорий.

С одной стороны, использование субстрата из отходов углеобогащения приводит к улучшению теплового режима почв рекультивируемых участков, что немало важно для Кузбасса, природно-климатические условия которого во многих районах характеризуются дефицитом теплообеспеченности, но без улучшения водного режима рекультивированных почв они будут испытывать дефицит влаги для развития растительного покрова. С другой стороны, высокая теплообеспеченность ре-

культивированных территорий отходами углеобогащения может быть следствием окислительных процессов в теле отвала, в результате которых выделяется тепло. Постепенное окисление углей в теле отвала может привести к развитию пожароопасной ситуации на территории, а также явиться мощным источником выделения  $\text{CO}_2$  и вносить вклад в изменение климата и экосистемы. В настоящее время проводятся исследования рекультивированных почв (горизонт D техноземов и инициальных эмбриоземов, сложенных отходами углеобогащения) методом окисленности углей.

### Список литературы

1. Таразанов И.Г. Итоги работы Угольной промышленности России за январь – сентябрь 2021 года // Уголь. 2022. № 1. С. 47-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-47-58.
2. Семина И.С., Андроханов В.А., Куляпина Е.Д. Опыт использования отходов углеобогащения для рекультивации нарушенных участков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 9. С. 159-175.
3. ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 2002. 15 с.
4. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management / F. Ruiz, F. Perlatti, D. Oliveira et al. // Minerals. 2020. No 10. P. 110.
5. Masciandaro G. Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation // Journal of Environmental Management. 2014. No 134. P. 166-174.
6. Santos E.S., Abreu M.M., Macías F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic/inorganic wastes and autochthonous plant development // Chemosphere. 2019. No 224. P. 765-775.
7. Нечаева Т.В., Соколов Д.А., Соколова Н.А. Оценка поглотительной способности углей различной степени метаморфизации на примере фиксации калия // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 6-23.
8. Glaser B., Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio) // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2012. No 82. P. 39-51.
9. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255-261.
10. Семина И.С., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое обследование участков рекультивированными отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса // Уголь. 2021. № 7. С. 57-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-57-62.
11. Semina I.S., Androkhonov V., Solovyev S. Assessment of revegetation with waste coal on the reclaimed sites in the Kemerovo Region – Kuzbass / E3S Web of Conferences: International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources, Novokuznetsk, Russia, June 1-4. 2021. Vol. 330.
12. Кашулина Г.М., Литвинова Т.И., Коробейникова Н.М. Сравнительный анализ температуры горизонта O подзола на двух в различной степени деградированных участках техногенно трансформированной экосистемы (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1132-1143.

13. Хазиев Ф.Х. Температура и влажность как экологические факторы биологической активности почв // Экология. 1976. № 6. С. 50-55.
14. Кулькова Л.В., Шавалиева Н.Г. Сезонная динамика температуры почв лесных и открытых биотопов заповедника «Басеги» // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2011. Вып. 3-4. С. 45-49.
15. Добровольский Г.В. Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
16. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Сельхозгиз, 1949. 447 с.

## Original Paper

UDC 622.85:622.882:622.7.002.68:622.33(571.17) © I.S. Semina, V.A. Androkhanov, A.M. Shipilova, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 7, pp. 60-65  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-60-65>

## Title

## THERMAL BEHAVIOUR OF SOILS REMEDIATED USING COAL PROCESSING WASTE IN KUZBASS

## Authors

Semina I.S.<sup>1</sup>, Androkhanov V.A.<sup>2,3</sup>, Shipilova A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

<sup>3</sup> Institute for Water and Environmental Problems, Barnaul, 656038, Russian Federation

## Authors Information

**Semina I.S.**, PhD (Biological), Associate Professor of Geology, geodesy and life protection department, e-mail: [semina.i@mail.ru](mailto:semina.i@mail.ru)

**Androkhanov V.A.**, Doctor of Biological Sciences, Director, Chief Research Associate

**Shipilova A.M.**, PhD. in Agriculture, Associate Professor of Geology, geodesy and life protection department, e-mail: [asya\\_nk77@mail.ru](mailto:asya_nk77@mail.ru)

## Abstract

Based on assessment of thermal behaviour of the recultivated soils it was established that the total of biologically active temperatures ( $\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$ ) of young soils on the reclaimed plots is higher than that of the air-ground interface. Its values exceed the air temperature by 200-500 degrees. The maximum increase is observed in the initial embryonic soils in an area with practically no vegetation, while the minimum level is registered in the leached black soils (monitoring). The total of temperatures above  $10^{\circ}\text{C}$  within the upper 5-cm layer of different soils varies widely. The maximum values are recorded in initial embryonic soils (point 1) and exceed  $2500^{\circ}\text{C}$ ; in technogenic soils, which upper profile section is made up of loams (point 2), they approach  $2400^{\circ}\text{C}$ . The total of biologically active temperatures is lower in the non-differentiated humus-forming technogenic soils with added mixture of potentially fertile soils and fertile topsoil on the dump surface (point 4). In such soils it is the closest to the temperature of natural zonal soils. It is noted that the embryonic and technogenic soils formed using coal-bearing materials are characterized by higher heat capacity than the zonal soils.

## Keywords

Remediation, Soils, Coal processing waste, Technogenic soils, Embryonic soils, Soil temperature, Fertile soil layer, Rocks, Root layer.

## References

- Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January – September, 2021. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 47-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-47-58.
- Semina I.S., Androkhanov V.A. & Kuliapina E.D. Experience of using coal processing waste for reclamation of disturbed sites. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (9), pp. 159-175. (In Russ.).
- GOST 30772-2001 Resources saving. Waste treatment. Terms and definitions. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 2002, 15 p. (In Russ.).
- Ruiz F., Perlatti F., Oliveira D. & Ferreira T. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management. *Minerals*, 2020, (10), pp. 110.
- Masciandaro G. Phytoremediation of dredged marine sediment: Monitoring of chemical and biochemical processes contributing to sediment reclamation. *Journal of Environmental Management*, 2014, (134), pp. 166-174.
- Santos E.S., Abreu M.M. & Macías F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic/

inorganic wastes and autochthonous plant development. *Chemosphere*, 2019, (224), pp. 765-775.

7. Nechaeva T.V., Sokolov D.A. & Sokolova N.A. Assessment of the absorption properties of coals of various metamorphism degrees as exemplified by potassium fixation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Biologiya*, 2018, (44), pp. 6-23. (In Russ.).

8. Glaser B. & Birk J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2012, (82), pp. 39-51.

9. Kurachev V.M. & Androkhanov V.A. Classification of soils in technogenic landscapes. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*, 2002, (3), pp. 255-261. (In Russ.).

10. Semina I.S. & Androkhanov V.A. Environmental and soil survey of sites reclaimed using coal processing wastes, as exemplified by the Kemerovo Region, Kuzbass. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 57-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-57-62.

11. Semina I.S., Androkhanov V. & Solovyev S. Assessment of revegetation with waste coal on the reclaimed sites in the Kemerovo Region – Kuzbass. E3S Web of Conferences: International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources, Novokuznetsk, Russia, June 1–4, 2021, (330).

12. Kashulina G.M., Litvinova T.I. & Korobeinikova N.M. Comparative analysis of temperature of podzolic soils of the O layer at two sites of anthropogenically transformed ecosystem (Kola Peninsula) with different degree of degradation. *Pochvovedenie*, 2020, (9), pp. 1132-1143. (In Russ.).

13. Khaziev F.Kh. Temperature and humidity as environmental factors of biological activity of soils. *Ekologiya*, 1976, (6), pp. 50-55. (In Russ.).

14. Kulkova L.V. & Shavaliyeva N.G. Seasonal dynamics of soil temperature in forest and open biotopes of the Basegi Nature Reserve. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya*, 2011, (3-4), pp. 45-49. (In Russ.).

15. Dobrovolsky G.V. Soils, City, Environment. Moscow, Foundation for Economic Literacy Publ., 1997, 320 p. (In Russ.).

16. Dimo V.N. Thermal behaviour of soils in the USSR. Moscow, Selkhozgiz Publ., 1949, 447 p. (In Russ.).

## Acknowledgments

The investigation was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research and Kemerovo Region under Research Project No. 20-44-420006/20.

## For citation

Semina I.S., Androkhanov V.A. & Shipilova A.M. Thermal behaviour of soils remediated using coal processing waste in Kuzbass. *Ugol'*, 2022, (7), pp. 60-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-60-65.

## Paper info

Received April 20, 2022

Reviewed May 11, 2022

Accepted June 23, 2022