

Геохимический фон в молодых почвах на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-74-79>

СЕМИНА И.С.

Канд. биол. наук, доцент
кафедры геологии, геодезии
и безопасности жизнедеятельности
ФГБОУ ВО «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,
630090, г. Новосибирск, Россия

На основании выполненных исследований выявлены лимитирующие факторы применения отходов углеобогащения (минеральный состав, щелочная реакция среды, плотность, порозность, значительное содержание углерода в субстрате), обуславливающие непригодность данных отходов для формирования верхнего, корнеобитаемого, слоя на техногенных отвалах, особенно продукт флотации «кек». Показаны перспективы и ограничения для использования на техническом и биологическом этапах отходов углеобогащения.

Ключевые слова: рекультивация, отходы углеобогащения, отвалы, нарушенные земли, техноземы, эмбриоземы.

Для цитирования: Семина И.С., Андроханов В.А. Геохимический фон в молодых почвах на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения // Уголь. 2022. № 6. С. 74-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-74-79.

ВВЕДЕНИЕ

Россия является одним из крупнейших мировых лидеров по добыче и экспорту угля [1]. Объем добычи угля в России за январь–сентябрь 2021 г. составил 319,8 млн т, в сравнении с 2020 г., за аналогичный период, добыча угля увеличилась на 8,9%. В Кузбассе в январе – сентябре 2021 г. добыча угля увеличилась на 14,74 млн т, или на 9% [1]. При этом на экспорт поставляется прошедший обогащение высококачественный уголь. В результате функционирования горнодобывающего и перерабатывающего производств образуются отходы, которые складываются в отвалы и хвостохранилища и занимают значительные площади в угледобывающих районах. Среди современных проблем вопрос размещения и переработки отходов, образующихся в угледобывающей отрасли, занимает особое положение и является актуальным.

В Кузбассе объемы отходов постоянно увеличиваются, что приводит к изъятию значительных территорий, отчуждаются продуктивные земли, а также уничтожаются ценные почвенные ресурсы, что приводит к ухудшению экологической ситуации в районе ведения горных работ. Особое место занимают углесодержащие отходы после обогащения, спецификой которых, по мнению многих авторов, является высокий энергетический потенциал, и многими специалистами они рассматриваются как ресурс, который возможно использовать по разным направлениям [2]. Общий объем угольных шламов, выпускаемых обогатительными фабриками в Кузбассе, составляет более 10500 тыс. т в год. В настоящее время разработаны некоторые технологии использования отходов углеобогащения. Одна из них заключается в использовании тонкодисперсных отходов углеобогащения для получения на их основе водоугольного топлива (ВУТ). Прин-

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-44-420006/20. Полевые исследования выполнялись в рамках экспедиционных работ по плановым заданиям ИПА СО РАН.

цип получения такого топлива позволяет сжигать водоугольную смесь в специализированных котлах с вихревой системой сжигания [2].

Многочисленные геохимические исследования отходов при добыче угля в Кузбассе (вскрышные и вмещающие породы) показывают сравнительно небольшую их токсичность. В результате комплексной оценки токсичности промышленных отходов горнодобывающей промышленности Кузбасса установлено, что во многих случаях концентрация валовых форм токсичных элементов в отходах (ванадия, меди, свинца, никеля, кадмия, цинка и марганца) не превышает нормируемые показатели для основных типов почв, свойственные природно-климатической зоне, однако может фиксироваться большое содержание подвижных форм элементов меди, никеля, цинка, свинца и марганца [3, 4].

В настоящее время накоплен богатый опыт рекультивации отвалов, сложенных фитотоксичными субстратами. Согласно нормативным документам, на поверхности данных отвалов должен быть создан экранирующий и корнеобитаемый слой из биологически пригодного материала [5, 6, 7, 8, 9]. Для снижения подвижности токсичных элементов применяются химические методы рекультивации, позволяющие закрепить токсичные вещества в субстрате отвалов [10, 11]. Ряд авторов предлагают уделить внимание и использованию угля для восстановления нарушенных территорий [12, 13], что также можно рассматривать как предпосылку использования отходов углеобогащения в технологии рекультивации. Часто для ликвидации карьерных выемок и искусственно созданных полостей используются отходы производства, в том числе и отходы углеобогащения. Как отмечалось ранее, отходы углеобогащения могут оказывать существенное влияние на окружающую среду, в связи с этим актуальной задачей является оценка потенциала отходов углеобогащения для использования в целях рекультивации нарушенных земель.

Цель работы: исследование геохимического состояния молодых почв, сформированных на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами изучения являются молодые почвы, сформированные на участках, рекультивированных с использованием отходов углеобогащения (продукт флотации «кек» и порода после углеобогащения). Рекультивированные 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



Точка 1 – эмбриозем инициальный

ландшафтов [14] участки рекультивации представлены: точка 1 – без нанесения на поверхность отвала ППП и ПСП (эмбриозем инициальный, возраст участка – семь лет); точка 2 – с нанесением на поверхность ППП (технозем литогенный, возраст участка – четыре года); точка 3 – с нанесением на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – восемь лет); точка 4 – с нанесением смеси на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – восемь лет); точка 5 – послойное нанесение на поверхность отвала ППП и ПСП (технозем гумусогенный дифференцированный, возраст участка – десять лет) (см. рисунок).

Разрезы заложены на горизонтальной поверхности в центральной части участка. Контрольный участок – чернозем выщелоченный (точка б) расположен примерно в 10 км от рекультивированных участков.

Образцы отходов углеобогащения и молодых почв техногенных ландшафтов исследовались в аналитических лабораториях АО «Западно-Сибирский испытательный центр», ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», СибГИУ «Центр коллективного пользования».

Для изучения элементного состава использовался метод спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектрометрии, фотометрии (спектрометр Spectr AA 240FS № EL071 23142, спектрометр iCAP 6300 Duo, фотометр фотоэлектрический КФК-3-01-«ЗОМЗ» № 700802, весы лабораторные электронные неавтоматического действия М, ME204 № B839501505); содержание общего углерода в молодых почвах, в сравнении с зональной почвой, определялось с использованием анализатора ELTRA CHS 580. Для определения токсичного (мутagenного) эффекта отходов углеобогащения на молодые почвы использовались методы биотестирования с разными тест-объектами: определение токсичности с использованием в качестве тест-объекта ракообразных *Daphnia magna* Straus и водорослей *Scenedesmus quadricauda* по всему профилю почв [15, 16]. Геоботаническое описание осуществлено маршрутным методом, путем геоботанических описаний на шести пробных площадках.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки геохимического статуса рекультивированных участков и оценки возможного загрязнения исследуемых почв токсичными элементами было проведено исследование содержания подвижных и валовых форм основных тяжелых металлов в почвах, а также основных макроэлементов, оказывающих значительное влияние на свойства почвенно-поглощающего комплекса в поверхностных горизонтах почв.

Проведенные исследования показали, что вещественный состав почв и отходов углеобогащения характеризуется достаточно высоким содержанием углистых частиц, что обуславливает высокие показатели углерода в подстилающих породах, а также тех элементов, которые входят в состав угля и вмещающих пород, извлеченных при обогащении [17]. Выявлено, что содержание токсичных элементов в подвижных формах (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) в исследуемых почвах не превышает нормируемых показателей для зональных типов почв (табл. 1).

Анализ содержания токсичных элементов в валовой форме в молодых почвах (техноземы и эмбриоземы) показывает, что практически все элементы содержатся в концентрациях ниже ПДК, ОДК и не превышают нормируемых показателей для зональных типов почв (табл. 2). Однако отмечается превышение ПДК для валовых форм мышьяка [18, 19].

Следует отметить, что из элементов I класса опасности в почвах по Cd с содержанием (от 0,19 до 0,40 мг/кг), Pb (от 22,1 до 25,4 мг/кг) и по As (от 7,24 до 17,7 мг/кг) во всех техноземах и эмбриоземе отмечено превышение среднего содержания для осадочных пород и кларка в зем-

ной коре [20, 21]. Из элементов III класса опасности наблюдается превышение по V с содержанием от 124,7 до 144,8 мг/кг, что выше среднего содержания для осадочных пород (130 мг/кг) и кларка в земной коре (90 мг/кг). В техноземах (участки 1, 2, 4 и 5) – по Mn с содержанием от 720 до 760 мг/кг, что также выше содержания для осадочных пород (670 мг/кг). Следует отметить, что мышьяк и ртуть являются высокоуглефильными элементами и очень часто имеют повышенные показатели в углях и отходах углеобогащения (см. табл. 2). В углях Кузнецкого бассейна типоморфными элементами являются мышьяк и селен [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28], также отмечено накопление таких микроэлементов, как ванадий и свинец [3]. Исследования показали значительное содержание основных макроэлементов кальция и магния как в насыпных горизонтах, так и в подстилающих породах молодых почв, причем наибольшее содержание зафиксировано в точках 2, 3 и 5, что значительно превышает уровень этих элементов в контрольном варианте (см. табл. 1). На участках 1 и 4 содержание Ca и Mg сопоставимо с контрольным вариантом. Повышенное содержание Na, Ca и Mg в рекультивированных почвах может обуславливать повышенную реакцию среды в почвенном профиле и некоторое засоление насыпных горизонтов. При высоком содержании этих элементов могут образовываться карбонаты и гидрокарбонаты, что значительно будет повышать щелочность среды.

Анализ результатов почвенных образцов на рекультивированных участках методом биотестирования показал, что практически во всех почвах по профилю водная вытяжка не оказывает токсического действия на живые ор-

Таблица 1

Содержание подвижных форм токсичных и химических элементов

Глубина, см	Металлы мг/кг									
	Cu	Zn	Pb	Mn	Co	Ni	Ca	Mg	Na	C
Точка 1. Эмбриозем инициальный										
0–8	1,534	7,853	1,27	70,9	0,782	0,898	10750	2400	25	16,3
8–20	1,553	6,633	1,935	43,5	1,177	0,936	8150	1900	415	26,5
Точка 2. Технозем литогенный (ППП)										
0–6	0,170	0,594	1,418	65,6	<0,1	<0,1	22000	400	35	1,30
6–12	0,274	0,425	1,110	40,0	<0,1	<0,1	25000	500	100	1,23
12–28	0,328	0,447	1,412	60,6	<0,1	0,114	25000	500	480	2,61
28–45	0,619	3,495	1,831	91,7	0,479	0,719	22500	750	1095	9,10
Точка 3. Технозем недифференцированный (ПСП+ППП)										
0–10	0,153	3,199	1,632	57,7	<0,1	0,231	40500	2250	250	2,86
20–30	0,570	0,716	2,741	96,6	<0,1	0,137	59000	2900	310	2,62
30–40	0,523	0,520	2,305	85,0	<0,1	<0,1	47500	2150	515	5,73
40–50	1,069	3,409	2,807	100,8	0,244	0,484	51500	3000	545	6,45
Точка 4. Технозем недифференцированный гумусогенный (ПСП)										
0–5	0,214	3,312	0,742	11,1	<0,1	<0,1	9250	875	1000	4,88
5–18	0,235	3,455	0,554	16,0	<0,1	<0,1	12650	650	480	3,70
20–30	0,291	8,452	1,304	57,6	<0,1	0,196	29000	1900	950	20,1
Точка 5. Технозем дифференцированный гумусогенный (ПСП+ППП)										
0–11	0,147	1,391	1,540	27,5	<0,1	0,188	22000	3150	165	4,74
20–30	0,637	0,464	2,554	73,7	<0,1	0,307	66500	3167	715	1,10
32–50	0,581	4,965	3,012	98,9	0,668	1,063	36500	3189	895	11,2
Чернозем выщелоченный (контрольная точка 6)										
5–15	0,168	4,066	1,253	14,8	<0,1	<0,1	15500	1500	35	5,88
17–28	0,208	0,476	1,012	18,6	<0,1	<0,1	14800	1750	50	5,74
28–35	0,118	0,351	1,031	11,7	<0,1	0,181	11900	1400	50	2,47
35–50	0,166	0,549	0,933	8,8	<0,1	0,413	10400	1250	65	1,10
ПДК	3,0	23,0	6,0	140	5,0	4,0	–	–	–	–

**Содержание валовых форм токсичных элементов в почвах
(горизонт D, техноземы и инициальные эмбриоземы, сложенные отходами углеобогащения)**

Глубина, см	Металлы мг/кг										
	V	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Zn	Hg	Co	Mn	As
Точка 1. Эмбриозем инициальный											
C (0-8)	133,6	<10	48	22,1	24,7	0,31	47,8	0,11	5,6	730	8,28
D (8-20)	144,8	12	51	25,4	28,2	0,40	56,1	0,14	6,1	760	7,24
Точка 2. Технозем литогенный (ППП)											
D (28-45)	136,8	10	44	25,1	24,7	0,28	51,2	0,12	5,4	720	8,73
Точка 3. Технозем недифференцированный (ПСП+ППП)											
III (30-40)	124,7	<10	30	14,7	15,7	0,23	56,8	0,09	4,5	260	17,7
D (40-50)	126,5	<10	32	14,6	14,9	0,19	61,2	0,08	4,8	250	14,8
Точка 4. Технозем недифференцированный гумусогенный (ПСП)											
D (20-30)	143,8	10	46	25,1	26,1	0,36	56,8	0,12	5,9	740	15,1
Точка 5. Технозем дифференцированный гумусогенный (ПСП+ППП)											
D (32-50)	138,1	<10	44	23,4	24,6	0,29	53,1	0,11	5,4	720	8,62
ПДК для почвы с учетом фона, ОДК мг/кг	150,0	33/66/132*	–	32/65/130*	20/40/80*	0,5/1,0/2,0*	55/110/220*	2,1	–	1500,0	2/5/10*
Среднее для осадочных пород (Виноградов, 1962)	130	57	100	20	95	0,03	80	0,4	20	670	6,6
Кларк в земной коре (Виноградов, 1962)	90	47	83	16	58	0,13	83	0,083	18	1000	1,7

* ОДК (ориентировочно допустимые концентрации) химических веществ для различных групп почв: песчаных и супесчаных, кислых суглинистых и глинистых ($ph\ KCl < 5,5$) и близких к нейтральным и нейтральных ($ph\ KCl < 5,5$)

ганизмы. Однако было зафиксировано, что на участке без нанесения на поверхность ППП и ПСП (точка 1 – инициальный эмбриозем) исследуемые образцы оказывают отрицательное биологическое воздействие на живые организмы. В пробе эмбриозема (0–8 см) в течение 96 ч смертность цериодафний в 100%-ном растворе достигла 100%, в 50%-ном растворе – 10%, также в этой почве зафиксировано снижение численности водорослей в 100%-ном растворе – 100%, в 50%-ном растворе – 20%.

Сравнительный анализ накопления токсичных элементов в исследуемых почвах по кларкам концентрации химических элементов относительно кларка в земной коре (по Виноградову) показал, что в некоторых исследуемых техногенных почвах (техноземы и инициальный эмбриозем) по профилю имеются превышения. Существенное превышение содержания элементов (ванадий, кадмий, ртуть) в сравнении с кларком в земной коре зафиксировано в инициальном эмбриоземе (точка 1) (см. рисунок).

Таким образом, проведенные исследования показали возможности использования отходов углеобогащения (порода после углеобогащения) на техническом этапе для формирования выровненного рельефа и устойчивой основы для формирования рекультивированных почв – техноземов. Однако незначительная мощность отсыпки ППП и ПСП (20–30 см) ограничивает набор растительных видов, способных произрастать на таких почвах, что значительно снижает эффективность рекультивационных работ. Малая мощность корнеобитаемого слоя и практически отсутствие экранирующего слоя между отходами углеобогащения ППП и ПСП приводят к подщелачиванию корнеобитаемого слоя, что также отрицательно влияет на развитие биологических и почвообразовательных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Содержание токсичных элементов в подвижных формах (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) в исследуемых почвах не превышает нормируемых показателей для зональных типов почв. Анализ содержания токсичных элементов в валовой форме в молодых почвах (техноземы и эмбриоземы) показывает, что практически все элементы содержатся в концентрациях ниже ПДК, ОДК и не превышают нормируемых показателей для зональных типов почв. Однако отмечается превышение ПДК для валовых форм мышьяка.

2. Сравнительный анализ накопления токсичных элементов в исследуемых почвах по кларкам концентрации химических элементов относительно кларка в земной коре показал, что в некоторых исследуемых техногенных почвах (техноземы и инициальный эмбриозем) по профилю имеются превышения. Величина концентрации кларка во всех исследуемых техногенных почвах больше или меньше 1. Следует отметить, что при величине концентрации кларка меньше 1 воздействие на окружающую среду минимальное [21]. В инициальном эмбриоземе (точка 1) величина концентрации кларка: по V на глубине 0–8 см – 1,48; на глубине 8–20 см – 1,60; по Cd (0–8 см – 2,38; 8–20 см – 3,07); по Hg (0–8 см – 1,33; 8–20 см – 1,68); по As (0–8 см – 4,48; 8–20 см – 4,25). Возможно, высокая концентрация токсичных элементов в исследуемой почве (инициальный эмбриозем) оказала отрицательное биологическое воздействие на живые организмы.

3. В отходах углеобогащения (продукт флотации «кек») большое количество органических загрязнителей, что может быть обусловлено технологическими процессами обогащения полезных ископаемых и использованием при углеобогащении комплексных флотореагентов, содержа-

щих в том числе углеводороды. Для проверки предположения о том, что пробы точки 1 (инициальный эмбриозем, горизонт 0–8 см), содержащие отходы углеобогащения, могут являться источником поступления ПАУ в окружающую среду и оказывать влияние на живые организмы, проводятся дальнейшие исследования, связанные с использованием методик, позволяющих наиболее полно извлечь ПАУ из угольной части данных отходов.

4. В результате проведенных исследований установлена совокупность химических (химический состав), физических (рН, плотность, порозность) и биологических (биотестирование, геоботаническое описание) показателей, обуславливающих непригодность отходов углеобогащения для формирования верхнего, корнеобитаемого, слоя на техногенно нарушенных землях, особенно неблагоприятен продукт флотации «кек».

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. Разработка, обоснование технологических решений по трансформации органической массы тонкодисперсных отходов углеобогащения / В.И. Мурко, М.В. Темлянцев, Ю.А. Литвинов и др. // Научное издание технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. С. 413–418.
3. Содержание токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах месторождений Кемеровской области / Н.В. Журавлева, О.В. Ивановкина, З.Р. Исмагилов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 187–196.
4. Журавлева Н.В., Воропаева Т.Н., Ивановкина О.В. Комплексная оценка токсичности промышленных отходов предприятий Кемеровской области // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6-2. С. 86–89.
5. Ruiz F., Perlatti F., Oliveira D.P., Ferreira T.O. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management // Minerals. 2020. No 10. 110.
6. 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.
7. 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.
8. Kirilov I., Banov M. Reclamation of lands disturbed by mining activities in Bulgaria // Agricultural Science and Technology. 2016. No 8. P. 339–345.
9. Bilibio C., Retz S., Schellert C., Hensel O. Drainage properties of technosols made of municipal solid waste incineration bottom ash and coal combustion residues on potash-tailings piles: A lysimeter study // Journal of Cleaner Production. 2021. No 279. P. 34–42.
10. Ramasamy M., Power C. Evolution of acid mine drainage from a coal waste rock pile reclaimed with a simple soil cover // Hydrology. 2019. No 6. 83.
11. Jacinthe P-A., Lal R. Spatial variability of soil properties and trace gas fluxes in reclaimed mine land of southeastern Ohio. Geoderma. 2006. 136. No 3-4. P. 598–608.
12. 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.
13. 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.
14. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
15. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. ФР. 1.39.2007.03223. Введ. 17.10.2005. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842245.htm> (дата обращения: 15.05.2022).
16. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости цериодафний. ФР. 1.39.2007.03221. Введ. 17.10.2005.: URL <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842244.htm> (дата обращения: 15.05.2022).
17. 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.
18. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 11 с.
19. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 15 с.
20. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
21. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
22. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов, Л.П. Рихванов и др. Кемерово, 2000. 245 с.
23. Шпирт М.Я., Рашевский В.В. Микроэлементы горючих ископаемых. М.: Кучково поле, 2010. 384 с.
24. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности микроэлементного состава углей, сланцев и нефтей различных осадочных бассейнов // Химия твердого топлива. 2010. № 4. С. 57–65.
25. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности накопления микроэлементов в углях различных бассейнов России // Химия твердого топлива. 2011. № 3. С. 10–25, 237.
26. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Особенности накопления ртути в нефтях, углях и продуктах их переработки // Химия твердого топлива. 2011. № 5. С. 42–49.
27. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ртуть в углях. Сыктывкар: ИГ Коми научный центр УрО РАН, 2007. 96 с.
28. Влияние режимов работы теплоэлектростанций Чехии на распределение микроэлементов углей и серы при сжигании / З. Клика, Л. Бартонова, Л.Н. Лебедева и др. // Химия твердого топлива. 2003. № 6. С. 49–59.

Original Paper

UDC 622.85:622.882:622.7.002.68:622.33(571.17) © I.S. Semina, V.A. Androkhano, 2021
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 6, pp. 74-79
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-6-74-79>

Title

GEOCHEMICAL BACKGROUND IN SEMIMATURE SOILS MADE ON RECLAIMED SITES USING COAL WASTE

Authors

Semina I.S.¹, Androkhano V.A.²¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation² Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Authors Information

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

Androkhano V.A., Doctor of Biological Sciences, Director

Abstract

The limiting factors for application of coal processing wastes, especially the cake flotation product, i.e. the mineral composition, alkaline reaction of environment, density, porosity, considerable content of carbon in substrate, that make these wastes unsuitable for formation of the upper root layer on the man-made dumps have been revealed based on the results of the performed research. Prospects and limitations for using coal processing wastes in the technical and biological stages are shown.

Keywords

Reclamation, Coal processing waste, Waste dumps, Disturbed land, Technosol, Embryosol.

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.
- Murko V.I., Temlyantsev M.V., Litvinov Yu.A., Volkov M.A. & Baranova M.P. Development of justification of technological solutions for transformation of organic mass of fine coal processing wastes. *Naukoemkie tehnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov*, 2020, (6), pp. 413-418. (In Russ.).
- Zhuravleva N.V., Ivanykina O.V., Ismagilov Z.R. & Potokina R.R. Content of toxic elements in overburden and host rocks of Kemerovo region deposits. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten*, 2015, (3), pp. 187–196.
- Zhuravleva N.V., Voropaeva T.N. & Ivanykina O.V. Complex assessment of the toxicity of industrial waste of enterprises in the Kemerovo region. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2006, (6-2), pp. 86-89. (In Russ.).
- Ruiz F., Perlatti F., Oliveira D.P. & Ferreira T.O. Revealing tropical technosols as an alternative for mine reclamation and waste management. *Minerals*, 2020, (10), 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.
- Kirilov I. & Banov M. Reclamation of lands disturbed by mining activities in Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*, 2016, (8), pp. 339-345.
- Bilibio C., Retz S., Schellert C. & Hensel O. Drainage properties of technosols made of municipal solid waste incineration bottom ash and coal combustion residues on potash-tailings piles: A lysimeter study. *Journal of Cleaner Production*, 2021, (279), pp. 34-42.
- Ramasamy M. & Power C. Evolution of acid mine drainage from a coal waste rock pile reclaimed with a simple soil cover. *Hydrology*, 2019, (6), 83.
- Jacinte P-A. & Lal R. Spatial variability of soil properties and trace gas fluxes in reclaimed mine land of southeastern Ohio. *Geoderma*, 2006, (136), pp. 598-608.
- 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.).
- 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.
- Kurachev V.M. & Androkhano V.A. Classification of soils in technogenic landscapes // *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*, 2002, (3), pp. 255-261. (In Russ.).
- Methodology for determining the toxicity of waters, aqueous extracts from soils, sewage sludge and waste by changes in chlorophyll fluorescence levels and algal cell numbers. FR. 1.39.2007.03223. Introduced on 17.10.2005. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842245.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Methodology for determining the toxicity of waters, aqueous extracts from soils, sewage sludge and waste by changes in mortality and in fertility of Ceriodaphnia. FR. 1.39.2007.03221. Introduced on 17.10.2005. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842244.htm> (accessed 15.05.2022). (In Russ.).
- Semina I.S. & Androkhano 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.
- Approximate permissible concentration (APC) of chemical substances in soil. GN 2.1.7.2511–09 Sanitary-Hygienic Standard. Moscow, Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor, 2009, 11 p. (In Russ.).
- Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soils: GN 2.1.7.2041-06 Sanitary-Hygienic Standard. Moscow, Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor, 2009, 15 p. (in Russian).
- Vinogradov A.P. Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks in the Earth's crust. *Geohimiya*, 1962, (7), pp. 555-571. (In Russ.).
- Solovov A.P., Arkhipov A.Ya., Bugrov V.A. et al. Handbook on geochemical prospecting of minerals. Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p. (In Russ.).
- Arbuzov S.I., Ershov V.V., Rikhvanov L.P. et al. Rare elements in coals of the Kuznetsk Basin. Kemerovo, 2000, 245 p. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Rashevsky V.V. Micronutrients of combustible minerals. Moscow, Kuchkovo Pole Publ., 2010, 384 p. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of microelement composition of coals, shales and oils from different sedimentary basins. *Himiya tverdogo topliva*, 2010, (4), pp. 57-65. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of microelement accumulation in coals from different basins in the Russian Federation. *Himiya tverdogo topliva*, 2011, (3), pp. 10-25, 237. (In Russ.).
- Shpirt M.Ya. & Punanova S.A. Specific features of mercury accumulation in oils, coals and refined products. *Himiya tverdogo topliva*, 2011, (5), pp. 42-49. (In Russ.).
- Yudovich Ya.E. & Ketris M.P. Mercury in coals. Syktyvkar, Institute of Geology, Komi Scientific Centre, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, 2007, 96 p. (In Russ.).
- Klika Z., Bartonova L., Lebedeva L.N., Kost L.A. & Gorlov E.G. Influence of operation modes of thermal power plants in the Czech Republic on distribution of microelements of coals and sulphur during combustion. *Himiya tverdogo topliva*, 2003, (6), pp. 49-59. (In Russ.).

Acknowledgments

The investigation was financially supported by the Kemerovo Region under Research Project No. 20-44-420006/20. The field studies were carried out during field work according to the planned assignments of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation

Semina I.S. & Androkhano V.A. Geochemical background in semimature soils made on reclaimed sites using coal waste. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 74-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-74-79.

Paper info

Received April 12, 2022

Reviewed April 28, 2022

Accepted May 23, 2022