

Почвенно-экологическое обследование участков, рекультивированных отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-57-62>

На основании выполненного почвенно-экологического обследования приведены результаты по свойствам техноземов и специфике восстановления растительного покрова на рекультивированных участках с использованием отходов углеобогащения. Выявлены лимитирующие факторы применения отходов углеобогащения, а именно, щелочная реакция среды, высокая плотность субстратов препятствует использованию данных отходов при биологической рекультивации нарушенных земель. Показаны перспективы и ограничения использования данных отходов для проведения технического этапа рекультивации.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных земель, отходы углеобогащения, техноземы, почвенно-экологические обследования.

Для цитирования: Семина И.С., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое обследование участков, рекультивированных отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса // Уголь. 2021. – 7. С. 57-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-57-62.

ВВЕДЕНИЕ

Кузнецкий бассейн является одним из крупнейших угледобывающих регионов в России, здесь добывается 55% всего угля в стране, в том числе 72% углей коксующихся марок [1]. Добыча угля в России за 2020 г. составила 401,6 млн т. По сравнению с 2019 г. производство угля уменьшилось на 41,1 млн т (или 9,3%), в Кузбассе – на 30,9 млн т (12,3%) [2].

В связи с особенностями технологии добычи уголь зачастую загрязнен частицами пустой породы и требует принудительного увеличения концентрации путем обогащения. В результате этого образуются отходы углеобогащения. Состав данных отходов представлен мелкодисперсными частицами угля и пустой породы. В большинстве случаев отходы углеобогащения складированы в шламохранилищах, поверхность которых длительное время остается открытой, и под действием климатических факторов, с территории складирования отходов постоянно выдуваются и вымываются тонкодисперсные частицы горных пород, угля, что оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды [3].

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 ИПА СО РАН,
630090, г. Новосибирск, Россия

На момент проведения почвенно-экологического обследования накоплен богатый научный опыт, по комплексной оценке, токсичности промышленных отходов, а также опыт по осуществлению работ, связанных с восстановлением нарушенных земель и растительного покрова на отвалах и хвостохранилищах Урала, Дальнего Востока, Кузбасса, а также за рубежом. Многие исследователи в своих работах отмечают, что отходы углеобогащения могут оказывать существенное влияние на окружающую среду в районах размещения шламохранилищ [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

На некоторых обогатительных фабриках, которые находятся вблизи участков добычи, отходы углеобогащения могут использоваться для ликвидации карьерных выемок при совместном размещении с породами вскрыши в выработанном пространстве. Такое размещение отхо-

* 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.

дов углеобогащения позволяет не использовать дополнительные земельные площади, что, соответственно, не приводит к увеличению количества нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых. Однако при таком размещении, используя отходы углеобогащения на техническом этапе рекультивации, необходимо контролировать условия складирования и проводить мониторинг изменений химических и физических свойств отходов, размещенных в техногенных ландшафтах. Поэтому проведение исследований по оценке безопасности данных отходов и перспектив использования их для рекультивации нарушенных территорий (заполнения карьерных выработок) является актуальной задачей.

Цель работы: исследование почвенно-экологического состояния рекультивированных участков и оценка перспектив использования отходов углеобогащения в качестве ресурсов рекультивации нарушенных земель.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами изучения являются участки, рекультивированные с использованием отходов углеобогащения, и молодые почвы, сформированные на поверхности бывших угольных карьеров.

Рекультивация нарушенных земель выполнялась путем засыпки отработанных карьеров бывшего угольного разреза крупнообломочным материалом, отходами углеобогащения и шахтной породой, планировки поверхности и отсыпки материалов потенциально плодородных пород (ППП) и плодородного слоя почвы (ПСП) на спланированную поверхность отходов.

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 (3-9 лет) и технологией формирования корнеобитаемого слоя. В качестве контрольного был выбран участок с естественными почвами – черноземами выщелоченными.

В соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов [7] участки рекультивации представлены:

- без нанесения на поверхность отвала ППП и ПСП (точка 1 – эмбрионез инициальный, возраст участка – семь лет);
- с нанесением на поверхность ППП (точка 2 – технозем литогенный, возраст участка – три года);
- с нанесением на поверхность отвала ППП и ПСП (точка 3, технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – семь лет);
- с нанесением смеси на поверхность отвала ППП и ПСП (точка 4 – технозем гумусогенный недифференцированный, возраст участка – семь лет);
- послойное нанесение на поверхность отвала ППП и ПСП (точка 5 – технозем гумусогенный дифференцированный, возраст участка – девять лет).

Разрезы заложены на горизонтальной поверхности в центральной части участка. Контрольный участок – чернозем выщелоченный (точка б).

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 и распределения токсичных элементов в отходах и молодых почвах использовались методы спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, атомно-эмиссионной, атомно-абсорбционной спектрометрии и потенциометрии. Содержание общего углерода определялось с использованием анализатора ELTRA CHS 580. Оценка экологической опасности отходов углеобогащения осуществлялась методом биотестирования, с разными тест-объектами: определение токсичности с использованием в качестве тест-объекта ракообразных *Daphnia magna* Straus и водорослей *Scenedesmus quadricauda*. Для оценки восстановления почвенного и растительного покрова на участках рекультивации отходами углеобогащения были проведены физические и агрохимические исследования молодых почв общепринятыми методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ образцов отходов с обогатительной фабрики показал, что отходы представлены в виде флотационных отходов (кек) и обломков пород (песчаники, алевролиты) после процесса углеобогащения. Состав и свойства отходов углеобогащения обусловлены геохимическим составом углей, свойствами вскрышных и вмещающих пород, особенностями технологии обогащения. Первый вид отходов – кек – во влажном состоянии пастообразная, пластичная масса, при высыхании – порошкообразный материал, состоящий в основном из мелких частиц угля и минеральных частиц. Плотность данных отходов составляет около 1,0 г/см³, порозность – более 50%. Влажность кека составляет более 38%. Второй вид отходов – крупные обломки горных пород от 1 до 30 см в диаметре – также с определенной примесью углистых частиц. Плотность в породе после обогащения изменяется в пределах от 2,03 до 2,22 г/см³, порозность не превышает 40%. Влажность в породе после обогащения составляет 11%.

Из результатов исследований компонентного состава отходов следует:

- отходы углеобогащения можно отнести к силикатному и алюмосиликатному составу;
- основные оксиды – диоксид кремния (кек – 34,70%, породы после углеобогащения – 63,18%), оксид алюминия (кек – 8,74%, породы после углеобогащения – 15,24%), а также оксиды железа (кек – 4,15%, породы после углеобогащения – 5,62%) и кальция (кек – 4,10%, породы после углеобогащения – 1,57%);
- основная специфика кека – наличие углистых частиц, что обуславливает высокое содержание общего углерода до 41,1%, содержание общего углерода в обломках пород после обогащения – 5%;
- содержание серы в кеке составляет 0,47%, в породе после обогащения – 0,11%.

По результатам исследований установлено, что концентрации токсичных элементов валовых форм (ванадий, медь, хром, свинец, никель, кадмий, цинк, ртуть, сурьма, кобальт, марганец, молибден) не превышают ПДК и ОДК для почв (табл. 1).

Таблица 1

Содержание валовых форм токсичных элементов (мг/кг)

Показатели	Виды отходов		ПДК для почвы с учетом фона, ОДК, мг/кг
	Кек	Порода после обогащения	
Ванадий	145,6	145,6	150,0
Медь	10,0	< 10,0	33/66/132*
Хром	60,0	30,0	–
Свинец	14,6	26,4	32/65/130*
Никель	15,8	28,3	20/40/80*
Кадмий	0,26	0,40	0,5/1,0/2,0*
Цинк	43,2	72,0	55/110/220*
Ртуть	0,15	0,07	2,1
Сурьма	0,43	< 0,1	4,5
Кобальт	7,0	4,0	–
Марганец	830,0	250,0	1500,0
Молибден	–	–	–
Мышьяк	7,75	9,50	2/5/10*

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

При этом установлено превышение ПДК для валовых форм мышьяка (кек – 7,75 мг/кг, породы после углеобогащения – 9,50 мг/кг), токсичный элемент мышьяк является углефильным и в основном содержится в органической части [17], в породах, прилегающих к угольным пластам, и не превышает ориентировочно допустимые концентрации химических элементов в почве.

Из проведенных исследований также следует, что диапазоны содержания токсичных элементов в подвижных формах (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) не превышают нормируемых показателей, характерных для зональных типов почв [18, 19] (табл. 2).

По содержанию основных элементов питания: азота, калия и фосфора наилучшие показатели выявлены в породе после обогащения. Так, содержание подвижных форм азота составляет 58,4 мг/кг, в кеке – 12,6 мг/кг. Высокое содержание подвижных форм азота в породе после обогащения обусловлено тем, что азот находится в минеральной части, в том числе в виде солей, и поэтому более доступен для растений и микроорганизмов. Азот в углистых частицах прочно связан с углеродом и поэтому практически недоступен растениям. Также по содержанию таких важных для плодородия показателей, как подвижный калий и фосфор, породы после обогащения обладают существенным преимуществом (калий – 748 мг/кг, фосфор – 25,3 мг/кг) [1]. Высокое содержание элементов-органогенов обусловлено минералогическим составом пород и углей.

Результаты исследований исходного сырья (уголь плюс порода), поступающего на обогатительную фабрику, показали, что значения рН варьируют в интервале от 9,85 до 10,02, что свидетельствует о щелочной реакции среды. Содержание водорастворимых солей в исходном сырье для обогащения в сухом остатке составляет 0,258%, сумма токсичных солей изменяется в диапазоне от 0,232 до 0,253%, преобладают гидрокарбонаты (3,44 ммоль/100 г), соли натрия (3,22 ммоль/100 г). Реакция среды в отходах углеобогащения (после процесса обогащения) также щелочная и изменяется от 10,09 до 10,11 ед., однако сумма токсичных солей не превышает 0,1%.

Для оценки экологической опасности отходов углеобогащения использовались методы биотестирования с разными тест-объектами: определение токсичности с использованием в качестве тест-объекта ракообразных *Daphnia magna* Straus и водорослей *Scenedesmus quadricauda*. Данные методы биотестирования для определения токсичного (мутагенного) эффекта широко используются разными исследователями. Из результатов исследований следует, что водная вытяжка из отходов углеобогащения не оказывает токсического действия. Поэтому в соответствии с критериями отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного

воздействия на окружающую среду отходы углеобогащения относятся к V классу опасности.

Таким образом, исследуемые отходы углеобогащения с биогеохимической точки зрения являются малоопасными. Основными лимитирующими факторами использования данных отходов для биологической рекультивации нарушенных земель являются их высокая плотность и щелочная реакция среды.

Из результатов проведенных исследований агрофизических и агрохимических свойств рекультивированных почв отходами углеобогащения следует, что почвы техногенных ландшафтов (техноземы и эмбриоземы) характеризуются повышенной плотностью, что связано с особенностями их формирования и значительным переуплотнением при проведении планировочных работ тяжелой техникой на горнотехническом этапе рекультивации. На рис. 1 показана точка 3 – технозем гумусогенный недифференцированный и почвенный разрез.

Через семь лет после проведения биологического этапа рекультивации наблюдается улучшение агрофизических свойств техногенных почв, и показатели в верхних слоях отсыпанного горизонта могут достигнуть уровня контрольного варианта (1,20 г/см³) [15].

Исследование агрохимических свойств рекультивированных почв показало, что значения рН варьируют в интервале от 7,9 до 9,9, что свидетельствует о щелоч-

Таблица 2

Содержание подвижных форм токсичных элементов (мг/кг)

Показатели	Виды отходов		ПДК для почвы с учетом фона, мг/кг
	Кек	Порода после обогащения	
Кобальт	0,40	0,54	5,0
Марганец	32,2	96,8	60-140
Медь	0,79	1,46	3,0
Никель	0,86	1,22	4,0
Свинец	1,64	3,11	6,0
Цинк	5,75	1,59	23,0

ной реакции почвенного раствора. Наибольшие значения рН (9,00-9,9) характерны для горизонтов подстилающих пород, состоящих из отходов углеобогащения. Высокая плотность, щелочная реакция среды затрудняют биологическое освоение данных почв и препятствуют активному восстановлению растительного покрова на рекультивированных территориях [17].

Содержание углерода в отдельных горизонтах почв на исследуемых участках изменяется от 0,92 на эмбриоземе инициальном (точка 1, рис. 2) до 18,64%.

Самые высокие значения – от 11,68 до 18,64% – фиксируются в горизонте D техноземов, сложенном техногенным элювием углевещающих пород. В данном горизонте весь углерод приходится на углистые частицы и, несмотря на то, что углерод регистрируется при анализе наряду с углеродом гумуса, таковым он не является, так как не влияет на почвенное плодородие [17].

Гумусовые вещества педогенного происхождения (гумус), присутствуют собственно только в верхних, отсыпанных ППП и ПСП слоях на участках рекультивации. При исследовании также установлено, что для отсыпанного корнеобитаемого слоя характерны достаточно высокие значения емкости катионного обмена (ЕКО) – от 21 до 30 мг/экв на 100 г сухой почвы. Это обусловлено наличием гумусовых веществ и суглинистым гранулометрическим составом материалов ППП и ПСП. В нижней части отсыпанного горизонта техноземов ЕКО уменьшается, при-

чем наиболее заметно при переходе к горизонту D (мелкоземистой части субстратов к подстилающим породам). Это может быть связано с меньшей биологической освоенностью данных слоев.

Оценка восстановления растительного покрова на участках рекультивации отходами углеобогащения показала, что принятые технологические решения по формированию верхнего (корнеобитаемого) слоя на поверхности отвала из ППП и/или ПСП создают благоприятные условия для формирования первичного фитоценоза. Так, на исследованных участках, имеющих возраст семь-девять лет, проективное покрытие составляет 80–90% и приближается к проективному покрытию на ненарушенных участках (95%). С увеличением возраста рекультивации отмечается увеличение видового разнообразия злаковых трав, в составе которых обнаруживается высокая доля аборигенных видов.

На участке без нанесения ППП и ПСП (точка 1 – эмбриозем инициальный) зафиксировано значительное видовое разнообразие – 20 видов. При этом проективное покрытие составляет не более 7%.

Таким образом, геоботаническое обследование участков показало, что восстановление растительного покрова на рекультивированных участках сингенетично связано с восстановлением почв [20]. Скорость восстановления и биоразнообразие нарушенных участков определяются свойствами использованных материалов для созда-



Рис. 1. Точка 3. Технозем гумусогенный недифференцированный



Рис. 2. Точка 1. Эмбриозем инициальный

ния корнеобитаемого слоя. Без формирования благоприятного по составу и свойствам корнеобитаемого слоя восстановление растительности и почв идет очень медленно.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что сформированные искусственные почвы – техноземы характеризуются повышенной плотностью, что обусловлено технологией выполнения работ с использованием тяжелой техники и свойствами техногенного субстрата. Восстановление и развитие растительного покрова на рекультивированных участках способствуют постепенному снижению плотности и улучшению агрофизического состояния, но только в корнеобитаемом слое. Высокая плотность в подстилающих породах будет сохраняться длительное время.

2. Основные значения pH (водный) превышают значения 7,5, что свидетельствует о щелочной реакции почвенного раствора. Наибольшие значения pH – от 8,87 до 9,71 – характерны для подстилающих слоев (горизонт D), сложенных из шахтных пород и отходов углеобогащения. Щелочная реакция среды, высокая плотность субстратов препятствуют использованию данных отходов в целях биологической рекультивации. Поэтому данные отходы могут быть использованы только для закладки выработанного пространства и формирования устойчивого основания для размещения на поверхности субстратов, пригодных для биологической рекультивации нарушенных земель.

3. Созданные в процессе рекультивации техноземы характеризуются высокими агрохимическими показателями плодородия, особенно в отсыпанном корнеобитаемом слое из плодородного слоя почвы, что создает благоприятные условия для восстановления растительного покрова.

4. В целом почвенно-экологическое состояние рекультивированных участков можно оценить как хорошее. Участок (точка 1 – эмбриозем инициальный) с отсыпкой на поверхности верхнего слоя из шахтных пород и отходов углеобогащения характеризуется неудовлетворительным почвенно-экологическим состоянием и низким уровнем развития процессов восстановления почв и растительности.

Также следует отметить, что данные отходы углеобогащения, используемые для рекультивации карьерных выработок, содержат значительное количество углерода (от 11,68 до 18,64% – в горизонте D техноземов), поэтому необходимо проводить мониторинговые наблюдения с целью исключения возможного возгорания данных объектов.

Список литературы

1. Копытов А.И. Оптимизация стратегии угольной отрасли – гарантия эффективности, безопасности и стабильности промышленного потенциала экономики Кузбасса // Вестник КузГТУ. 2018. – 2. С. 5-11.
2. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года // Уголь. 2020. – 3. С. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
3. Гайдай М.Ф. Геоэкологические аспекты рационального использования ресурсного потенциала терриконов угледобывающих предприятий (на примере Кизеловского угольного бассейна): дис. ... канд. техн. наук. М.: Гайдай. Пермь: ПНИПУ, 2016. 160 с.
4. Володеев А.С., Захарова М.А., Андреева О.С. Фитоиндикация рекультивированных территорий шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. – 6. С. 748-754.
5. Голубев Д.А., Крупская Л.Т. Перспективные технологии рекультивации нарушенных горными работами земель в ДФО // Проблемы недропользования. 2014. – 1(1). С. 88-94.
6. Оценка состояния техногенных ландшафтов для обеспечения их экологической безопасности на примере угольного и горнорудного производства Приморского края / В.Т. Старожилов, А.М. Дербенцева, В.Н. Пилипушка и др. // Экология промышленного производства. 2011. – 4. С. 41-45.
7. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. – 3. С. 255-261.
8. Манаков Ю.А., Куприянов О.А. Система ООПТ Кемеровской области как фактор смягчения воздействия угледобычи на биоразнообразие // Уголь. 2019. – 7. С. 89-94. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-89-94.
9. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2003. 355 с.
10. Чибрик Т.С. Некоторые аспекты оценки опыта биологической рекультивации на угольных месторождениях Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 5(37). С. 216-218.
11. Восстановление биоразнообразия на отвалах Черемшанского Никелевого месторождения / Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова и др. // Промышленная ботаника. 2019. Т. 19. – 3. С. 45-48.
12. Min Zhang, Jinman Wang, Yu Feng. Temporal and spatial change of land use in a largescale opencast coal mine area. A complex network approach // Land Use Policy. 2019. Vol. 86. P. 375-386.
13. Age chronosequence effects on restoration quality of reclaimed coal mine soils in Mississippi Agroecosystems / A. Adeli, M. Mclaughlin, J.P. Brooks et al. // Soil Science. 2013. Vol. 178. N 7. P. 335-343.
14. Bond-Lamberty B., Thomson A. Temperature associated increases in the global soil respiration record // Nature. 2010. Vol. 464. N 7288. P. 579-582.
15. Restoration of vegetation cover in reclaimed areas with coal preparation waste in Kuzbass / S. Soloviev, I. Semina, V. Androkhonov et al. / E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 244. Art. 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/202124401015.
16. Изучение распределения макро- и микрокомпонентов в золошлаковых отходах от сжигания Кузбасских углей / Н.В. Журавлева, Р.Р. Поточкина, З.Р. Исмагилов и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24. – 3. С. 347-353.
17. 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.
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. Андрокханов В.А. Сингенез почвенно-генетических и биологических процессов в техногенных ландшафтах Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Сентябрь 2003. Приложение – 7. С. 16-22.

Original Paper

ECOLOGY

UDC 622.85:622.882:622.7.002.68:622.33(571.17) © I.S. Semina, V.A. Androkhonov, 2021
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, – 7, pp. 57-62
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-57-62>

Title
ENVIRONMENTAL AND SOIL SURVEY OF SITES RECLAIMED USING COAL PROCESSING WASTES, AS EXEMPLIFIED BY THE KEMEROVO REGION, KUZBASS

Authors

Semina I.S.¹, Androkhonov V.A.²

¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation

² 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

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

Abstract

The paper presents results of the performed environmental and soil survey regarding the properties of man-made soils and the specific features of revegetation in areas reclaimed using coal processing wastes. The limiting factors of coal waste application were revealed, namely, alkaline reaction of the environment and high density of substrates that impedes the use of these wastes for biological reclamation of disturbed lands. The prospects and limitations of using this waste material for the technical stage of reclamation are shown.

Keywords

Reclamation of disturbed lands, Coal processing wastes, man-made soils, Environmental and soil surveys.

References

1. Kopytov A.I. Optimization of coal industry strategy: a guarantee of efficiency, safety and stability of the Kuzbass economy's industrial potential. *Bulleten KuzSTU*, 2018, (2), pp. 5-11. (In Russ.).
2. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – December, 2019. *Ugol'*, 2020, (3), pp. 54-69. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
3. Gaiday M.F. Geocological aspects of rational use of the resource potential of coal waste piles (as exemplified by the Kizelovsky coal basin). PhD (Engineering) diss. Moscow, Perm, PNIPU Publ., 2016, 160 p. (In Russ.).
4. Vodoleev A.S., Zakharova M.A. & Andreeva O.S. Phytoindication of reclaimed areas of EVRAZ ZSMK sludge dump. *Chernaya metallurgiya. Bulletin nauchno-tekhnicheskoy informacii*, 2019, Vol. 75, (6), pp. 748-754. (In Russ.).
5. Golubev D.A. & Krupskaya L.T. Promising technologies for reclamation of lands disturbed by mining operations in the Far Eastern Federal District. *Problemy nedropol'zovaniya*, 2014, No. 1(1), pp. 88-94. (In Russ.).
6. Starozhilov V.T., Derbentseva A.M., Pilipushka V.N. et al. Assessment of technogenic landscape conditions to ensure their environmental safety as exemplified by coal and mining operations in Primorsky Krai. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, 2011, (4), pp. 41-45. (In Russ.).
7. Kurachev V.M. & Androkhonov V.A. Classification of soils in technogenic landscapes. *Sibirskiy Ekologicheskij zhurnal*, 2002, (3), pp. 255-261. (In Russ.).
8. Manakov Yu.A. & Kupriyanov O.A. The system of specially protected natural areas of the Kemerovo region as a factor in mitigating the impact of coal mining on biodiversity. *Ugol'*, 2019, (7), pp. 89-94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-89-94.
9. Makhonina G.I. Ecological aspects of soil formation in technogenic ecosystems of the Urals. Yekaterinburg, Ural University Publ., 2003, 355 p. (In Russ.).
10. Chibrick T.S. Some aspects of assessing experience of biological reclamation at coal deposits in the Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 5(37), pp. 216-218. (In Russ.).

11. Chibrick T.S., Lukina N.V., Filimonova E.I. et al. Restoration of biodiversity at waste dumps of Cheremshanskoye nickel deposit. *Promyshlennaya botanika*, 2019, Vol. 19, (3), pp. 45-48. (In Russ.).
12. Min Zhang, Jinman Wang & Yu Feng. Temporal and spatial change of land use in a largescale opencast coal mine area. A complex network approach. *Land Use Policy*, 2019, (86), pp. 375-386.
13. Adeli A., McLaughlin M., Brooks J.P. et al. Age chronosequence effects on restoration quality of reclaimed coal mine soils in Mississippi Agroecosystems. *Soil Science*, 2013, Vol. 178(7), pp. 335-343.
14. Bond-Lamberty B. & Thomson A. Temperature associated increases in the global soil respiration record. *Nature*, 2010, Vol. 464, Art. 7288, pp. 579-582.
15. Soloviev S., Semina I., Androkhonov V. et al. Restoration of vegetation cover in reclaimed areas with coal preparation waste in Kuzbass. *E3S Web of Conferences*, 2021, Vol. 244, Art. 01015. DOI: 10.1051/e3sconf/202124401015.
16. Zhuravleva N.V., Potokina R.R., Ismagilov Z.R. et al. Study of macro- and microcomponents distribution in ash and slag wastes of Kuzbass coal combustion. *Himiya v interesah ustoychivogo razvitiya*, 2016, Vol. 24, (3), pp. 347-353. (In Russ.).
17. Semina I.S., Androkhonov V.A. & Kuliapina E.D. Experience of using coal processing waste for reclamation of disturbed sites. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2020, (9), pp. 159-175. (In Russ.).
18. 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.).
19. Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soil: GN 2.1.7.2041–06 Sanitary-Hygienic Standard. Moscow, Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rospotrebnadzor, 2009, 15 p. (In Russ.).
20. Androkhonov V.A. Syngensis of soil-genetic and biological processes in technogenic landscapes of Kuzbass // *Bulletin of Tomsk State University*, September 2003, Appendix 7, pp. 16-22. (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. & Androkhonov 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.

Paper info

Received April 28, 2021

Reviewed June 14, 2021

Accepted June 15, 2021