

УДК 631.618; 504.064

О.В. ПОЛОХИН, С.В. КЛЫШЕВСКАЯ

Особенности микроэлементного состава почв техногенных ландшафтов в районах добычи бурого угля (Приморский край)

Рассматриваются особенности формирования микроэлементного состава эмбриоземов, развивающихся на отвалах горнодобывающих предприятий Приморского края. Выявлено повышенное валовое содержание Pb, Co, Y, Sc, Zr. При этом установлено, что во вскрышных отвальных породах и формирующихся на них почвах содержание валовых и подвижных форм микроэлементов в большинстве случаев не превышает региональные, общероссийские кларки, а также установленные нормы ПДК и ОДК. Исследованные почвы по содержанию подвижных форм тяжелых металлов, растворимых в 1,0 н растворе HCl, относятся к группам 1 и 2 (низкий уровень загрязненности). Учитывая малый период почвообразования и лесовосстановления на отвалах, можно предположить, что и в дальнейшем эти образования не будут представлять серьезной угрозы окружающей среде.

Ключевые слова: микроэлементы, почва, валовое содержание, подвижные формы микроэлементов, ПДК.

Features of the trace element content of soils of technogenic landscapes in areas of brown coal mining (Primorsky Territory). O.V. POLOKHIN, S.V. KLYSHEVSKAYA (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Vladivostok).

Formation features of microelement content of embriozems, developing on the wastes of mining enterprises in Primorsky Territory are studied. High content of Pb, Co, Y, Sc, Zr has been detected. It has been determined in this regard that in the overburden rock refuses and in soils forming on those rocks the content of gross and mobile forms of microelements in most cases does not exceed regional and all-Russian percentage abundances and also enforceable standards of maximum permissible concentration (MPC) and approximate permissible concentration (APC). Investigated soils for the content of mobile forms of heavy metals, soluble in 1.0 N solution of HCl are related to groups 1 and 2 (low contamination level). Taking into account short period of soil formation and forest restoration on the wastes, it is conceivable that in future as well those formations will not constitute serious threat to the environment.

Key words: trace elements, soil, total content, mobile forms of trace elements, maximum permissible concentration.

Микроэлементный состав почв – один из важнейших показателей геохимического состояния почв, их свойств и генезиса. Как известно, основными факторами, определяющими уровень содержания и характер распределения микроэлементов в почвенном профиле молодых почв, являются унаследованные от пород, слагающих отвалы, минералогический, гранулометрический составы, физико-химические и химические свойства, накопление органического вещества, абиотические условия почвообразования [5, 7, 8, 17].

В Приморском крае значительное количество нарушенных земель является результатом применения открытых способов добычи полезных ископаемых, в частности бурого угля. При этом на дневную поверхность выносятся вскрышные и вмещающие породы. Неселективное (валовое) отвалообразование приводит к хаотичному смешению пород,

* ПОЛОХИН Олег Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, КЛЫШЕВСКАЯ Серафима Владимировна – научный сотрудник (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток).

*E-mail: o.polokhin@mail.ru

различающихся по гранулометрическому, петрографическому, минералогическому составу. Большая часть отвалов остается под самозаращение и не рекультивируется [6, 14]. Изучению почв техногенных ландшафтов на юге Дальнего Востока посвящено значительное число работ [2, 4, 8–10, 12, 18].

Важной теоретической предпосылкой исследования особенностей почвообразования в техногенных ландшафтах следует считать тот факт, что история такого ландшафта разделяется на две фазы: первая – техногенная, вторая – посттехногенная. В техногенную фазу формируется каркасная структура ландшафта (рельеф, породы). В посттехногенную фазу идет развитие естественных биологических и почвообразовательных процессов, по отношению к которым особенности структуры ландшафта, сформированные в техногенную фазу, выступают в качестве факторов почвообразования. В результате развития этих процессов формируются почвенный покров и почвы с комплексом свойств, режимов и экологических функций. Скорость и направленность первичного почвообразования, а также строение почвенного покрова в каждом из техногенных ландшафтов отражают специфику этих факторов почвообразования [11, 15, 16]. Техногенные ландшафты в обеих зонах состоят из системы породных отвалов и карьерных выемок. По прекращении работ все карьеры в той или иной степени заполняются водой. На отвалах наблюдаются регрессирующие рельефообразующие процессы: плоскостная эрозия, оврагообразование, осыпи, береговая эрозия.

Породы, слагающие отвалы, служат литогенной основой и своеобразными «материнскими породами» для формирующихся почв, которые наследуют элементную основу этих пород. Эти породы медленно преобразуются в условиях гипергенеза и малопокатливости к внутрипрофильной дифференциации. В этой связи определение микроэлементного состава формирующихся почв, уровня содержания в них опасных в экологическом и санитарно-гигиеническом отношении элементов является необходимым при изучении экологических условий проживания человека в районах месторождения [10]. Для Приморского края такие работы единичны [5, 7, 9].

Цель исследований – оценить микроэлементный состав формирующихся почв техногенных ландшафтов при добыче бурого угля в Приморском крае.

В задачи исследований входило определение валового и подвижного содержания микроэлементов и физических, физико-химических и агрохимических показателей молодых почв.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись почвы, сформированные на внешних разновозрастных отвалах угольных разрезов «Павловский-2» и «Лучегорский» (см. вклейку). На Павловском углеразрезе выбраны 20- и 30-летние отвалы, на Лучегорском – отвалы 1-, 5-, 12- и 25–27-летнего возраста. Исследования проводились нами в 2010–2014 гг.

Павловское бурогольное месторождение разрабатывает разрезуправление «Новошахтинское» ОАО «Приморскуголь». Центральная часть разрабатываемых участков находится в 30 км северо-западнее г. Усурийск, на территории Михайловского района Приморского края. Разрез разрабатывается открытым способом. Отвалообразование осуществляется неселективным, по породам, способом. 20-летний отвал геоморфологически представляет собой невысокие гряды гребневой формы и рассматривается как техногенная формирующаяся катена [15]. Отбор образцов осуществляли на 20-летнем отвале на трансаккумулятивных (Р 1–11 Трансакк) и аккумулятивных (Р 2–11 Акк) элементах рельефа. 30-летний отвал был спланирован, он представляет собой бугристую плакорную возвышенность высотой 11–15 м, отбор образцов произведен на уплощенной вершине отвала (Р 8–11). Отвальные породы Лучегорского углеразреза расположены в северо-западной части Приморского края, в бассейне р. Бикин (Пожарский район). Отбор образцов

произведен на трансаккумулятивных позициях техногенных катен (Л 1–10 1 год, Л 2–10 5 лет, Л 3–10 12 лет, Л 4–10 25–27 лет).

Содержание валовых форм микроэлементов определяли на рентгенофлюоресцентном спектрометре Shimadzu EDX 800 (Япония), подвижные формы элементов – в 1,0 н солянокислой вытяжке на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi-0,5. Химико-аналитические исследования и определение гранулометрического состава проводили общепринятыми методами.

Диагностика стадий эволюции формирующихся почв проведена на основе субстантивной профилно-генетической классификации В.М. Курачева [16] по наличию или отсутствию типодиагностических органогенных горизонтов.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что специфика эмбриоземов определяется особенностями биогенных процессов и зависит от техногенной фазы формирования отвалов. При этом наибольшее значение имеют петрографический, минералогический, химический состав пород и формируемый рельеф.

Избыточное содержание элементов-токсикантов (тяжелых металлов – ТМ) и их соединений в почве оказывает угнетающее и токсическое действие на биоту. Вопрос о нормировании содержания ТМ в почве сложен и дискуссионен. Один и тот же элемент, в зависимости от его вхождения в состав различных химических соединений, может оказывать разное воздействие на живые организмы. С учетом максимально возможного уровня опасности в России разработаны классы загрязняющих веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.41.02-83): 1 класс – высокоопасные (Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F); 2 класс – умеренно опасные (Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb); 3 класс – малоопасные (V, W, Mn, Sr, Ba) [3]. Тяжелый гранулометрический состав и высокое содержание органического вещества приводят к связыванию ТМ почвой. Немаловажное значение имеют окислительно-восстановительные условия и уровень кислотности почвы [11]. В результате исследований установлено, что во всех зонах эволюция формирующихся почв реализуется в последовательной смене четырех основных типов эмбриоземов: эмбриозем инициальный – эмбриозем органо-аккумулятивный – эмбриозем дерновый – эмбриозем гумусово-аккумулятивный [14, 18]. Гранулометрический состав формирующихся почв унаследован от горных пород, слагающих отвалы.

Павловский угольный разрез расположен в Приханкайской гидротермической провинции. Климат континентальный, с большим влиянием муссонного характера сезонных ветров на погодные условия. Среднегодовое количество осадков 550–620 мм в год. Наиболее влажный период – август и сентябрь. Сумма активных температур достигает 2500 °С. По физико-географическому районированию территория относится к лесостепной зоне южной окраины Приханкайской низменности [19].

Породы вскрыши Павловского углеразреза представлены четвертичными глинами, аллювиальными песчано-галечниковыми отложениями суйфунской свиты, аргиллитами, алевролитами, разномерными песчаниками и пластами угля усть-давыдовской свиты [21]. Реакция среды от кислой до слабокислой. Степень насыщенности основаниями 60–85 %. По гранулометрическому составу породы тяжелосуглинистые, легко- и среднесуглинистые [9]. Такой гранулометрический состав пород резко снижает подвижность микроэлементов, что обусловлено удерживающей способностью пылеватой и илистой фракций.

На отвалах Павловского углеразреза к 20-летнему возрасту на аккумулятивных позициях (Р 1–11) сформировались грубогумусово-аккумулятивные эмбриоземы под сомкнутыми сообществами со значительным участием рудеральных видов (клеверо-полынно-тростниково-разнотравное сообщество с преобладанием клевера лугового и тростника

японского). На трансаккумулятивных позициях (Р 2–11) развиты гумусово-аккумулятивные эмбриоземы под вейниково-клеверо-полынно-разнотравными сообществами. Под данными типами растительности сформировались гумусово-аккумулятивные эмбриоземы с развитым гумусовым горизонтом небольшой мощности. Его образование сопровождалось агрегированием субстрата, дифференцированностью толщи пород по химическим, физико-химическим и физическим свойствам. Содержание гумуса в верхних горизонтах 3,9–4,1 % с резким уменьшением в глубину до 1 % в слое 15–20 см. Плотность сложения 0,69–0,81 г/см³ (0,5 см), глубже увеличивается до 1,25–1,32 г/см³.

На 30-летнем отвале микрорельеф мелкобугристый с западинами. Отвал с юга, востока и севера окружен грядами увалов и конусовидными холмами из вскрышных и вмещающих пород, карьерные выемки между которыми заполнены водой. К 30-летнему возрасту на отвале сформировался лесной тип растительности с преобладанием тополя дрожащего. Дифференциация отмечается в основном в корнеобитаемом (0–20 см) горизонте. Органическое вещество, образовавшееся на отвалных породах, способно прочно связывать тяжелые металлы, снижая их подвижность и тем самым уменьшая миграционные их потоки в окружающую среду. Плотность сложения верхних горизонтов 0,7–0,9 г/см³ (0–10 см), вглубь увеличивается до 1,4 г/см³. Содержание гумуса по профилю уменьшается от 7 % в слое 3–5 см до 1,1 % на глубине 15 см. Верхние горизонты обеднены полуторными оксидами и обогащены оксидами биофильных элементов.

Лучегорский угольный разрез расположен в южном округе Бикинской гидротермической провинции, в зоне таежно-широколиственных гор. Среднегодовое количество осадков до 750 мм/год, из которых 70 % приходится на теплый период. Сумма активных температур до 2100 °С.

Породы вскрыши Бикинского буроугольного месторождения представлены: четвертичными глинами, суглинками, песками с гравием и галькой изверженных пород, галечниками с песчаным и суглинистым заполнителем, плиоценовыми базальтами, галечниками и песками аллювиального происхождения, аргиллитами, углистыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками. По гранулометрическому составу они относятся к средне-легкоглинистым и тяжелосуглинистым с содержанием физической глины (частиц <0,01 мм) 40–65 %. Содержание камней (>3 мм) колеблется в широких пределах – 2–43% – в толще мощностью до 150 см. Содержание гумуса, а точнее гумусовых соединений, присутствие которых в литогенной основе отвалных пород обеспечено частицами бурого угля, колеблется в очень широких пределах – 0,2–3,7 %. По величине рН_{сол.} отвалы породы имеют слабокислую реакцию среды (рН 4,95–5,50), гидролитическая кислотность низкая или средняя (3,5–5,2 мэкв /100 г почвы), что обусловлено в основном ионами алюминия. Сумма поглощенных катионов, за счет тяжелого гранулометрического состава породы и содержания углистых частиц, очень высокая или высокая (22–31 мэкв/100 г), среди поглощенных почвенных катионов преобладают Са²⁺ и Mg²⁺. Степень насыщенности основаниями повышенная (Н = 89–83 %). Материнские породы незасолены. По содержанию важнейших биогенных элементов, таких как подвижные формы фосфора и калия, отвалы породы относятся к группе среднеобеспеченных (Р₂О₅ = 3,5–4,9 мг; К₂О = 8,9–10,8 мг на 100 г породы).

В эмбриоземе инициальном (Э.И) в слое 0–4 см содержание гумуса составляет 3,9 %, а почвообразующей породе – 2,1–3,4 %. В эмбриоземе органо-аккумулятивном (Э.О-А) в горизонте А1 (0–4 см) содержание гумуса 4,1 %, в породе – 3,6 %. Процессы гумусообразования наиболее интенсивно развиваются в эмбриоземах дерновом (Э.Д) и гумусово-аккумулятивном (Э.Г-А), поэтому верхние горизонты этих почв имеют 6,2 и 5,2 % органического вещества, а в материнских породах – только 2,4 и 3,5 % соответственно.

Гранулометрический состав пород оказывает прямое влияние на подвижность микроэлементов. На эмбриоземах тяжелого гранулометрического состава опасность загрязнения растений значительно меньше, что связано с большей удерживающей и поглощательной способностью илистой фракции. На глинистых и суглинистых субстратах токсичность

тяжелых металлов проявляется слабее, чем на песчаных и супесчаных. Органическое вещество почвы, а именно гуминовые кислоты, способно достаточно прочно связывать тяжелые металлы, снижая количество подвижных форм и тем самым уменьшая их поступление в растения и почвенно-грунтовые воды.

Реакция среды отвалных пород является важнейшим фактором, определяющим токсичность тяжелых металлов и их вероятное накопление в растительности. При нейтральной и щелочной среде уменьшается подвижность в почве тяжелых металлов, их миграционная способность и, как следствие, их поступление в растения. При создании в почве реакции среды в интервале pH 6,0–6,5 резко увеличивается содержание водорастворимого и обменного кальция, которые уменьшают способность корневой системы растений к поглощению металлов. Вместе с тем нужно иметь в виду, что любые разработанные ПДК условны.

В отобранных нами образцах почв проведено определение 14 микроэлементов в мелкоземизучаемых отвалах Павловского углеразреза и 8 элементов Лучегорского угольного разреза. На основе полученных результатов вычислены кларки концентраций элементов по отношению среднего содержания элементов в породах отвалов к среднему их содержанию в осадочных породах [1].

Валовое содержание элементов сравнивали с разработанными ПДК для России (ГН 2.1.7.2041-06) [13] и ПДК для почв Дальнего Востока [2], а также с ОДК (ГН 2.1.7.2042-06) для кислых суглинистых и глинистых почв с $pH_{KCl} < 5,5$ [13]. Полученные результаты показывают, что на 20-летнем отвале Павловского углеразреза в повышенных количествах (по сравнению с кларком в осадочных породах) находятся свинец (Кк 1,42–1,55) и кобальт (1,20–1,22) (табл. 1), на 30-летнем – марганец (1,09). В обоих отвалах повышено содержание иттрия (3,23–4,02), циркония (1,15–1,17) и скандия (1,09). Если сравнивать среднее валовое содержание микроэлементов во вскрышных породах отвалов Павловского углеразреза с фоновыми для Приморского края, то наибольшие кларки концентраций (Кк) отмечены для меди (Кк 0,86–1,65), кобальта (Кк 1,20–1,36), цинка (Кк до 1,06) и, в отдельных случаях, свинца (Кк может достигать значений 1,40). При этом валовое содержание этих микроэлементов не превышает установленные нормы ПДК и ОДК.

Анализ распределения микроэлементов в почвах, формирующихся на отвалах Лучегорского угольного разреза, свидетельствует о том, что они обогащены бором (Кк 2,40–3,00) и свинцом (Кк 0,80–1,00), при этом ПДК и ОДК микроэлементов для почв не превышены. Остальные микроэлементы находятся в количествах ниже их общероссийских кларков в осадочных породах и региональных средних содержаний валовых форм микроэлементов для почв Приморья.

По кларкам концентрации в почвах Павловского углеразреза исследованные микроэлементы образуют следующий ряд: $Y > Pb > Zr > Co > Sc > Mn > Cr > Zn > F > Ba = V > Cu > Ni > Sr$, в почвах Лучегорского углеразреза – $B > Pb > Zn > Co > Cu > Cr > Ni$.

Несмотря на пестроту вещественного состава пород и малый период почвообразования наблюдается биогенная аккумуляция в корнеобитаемых горизонтах меди, марганца и цинка – физиологически важных для растений микроэлементов.

Таблица 1

Кларки концентраций (Кк) микроэлементов в эмбриоземах

	B	Pb	Zn	Co	Ni	Cu	Cr	Sr	Ba	V	Mn	Y	Zr	Sc
P 1–11	–	1,55	0,76	1,22	0,30	0,57	0,94	0,26	0,64	0,71	0,92	3,23	1,15	1,08
P 2–11	–	1,42	0,74	1,20	0,29	0,57	0,98	0,28	0,63	0,67	0,84	3,27	1,17	1,09
P 8–11	–	0,59	0,93	0,73	0,19	0,19	0,88	0,16	0,50	0,39	1,09	4,02	1,15	–
Л 1–10	2,41	0,86	0,65	0,67	0,23	0,51	0,43	–	–	–	–	–	–	–
Л 2–10	2,59	0,89	0,72	0,66	0,25	0,60	0,46	–	–	–	–	–	–	–
Л 3–10	2,53	0,91	0,82	0,69	0,25	0,58	0,46	–	–	–	–	–	–	–
Л 4–10	3,00	1,00	0,79	0,72	0,33	0,66	0,59	–	–	–	–	–	–	–

Наиболее информативным показателем экологической оценки почвенного покрова является содержание подвижных форм микроэлементов, способных, при определенных условиях, переходить из твердых фаз почв в почвенные растворы и мигрировать. Содержание подвижных форм элементов определяли в 1,0 н солянокислой вытяжке, которая показывает фактор емкости (потенциально доступные формы), отражающий в первую очередь потенциальную опасность загрязнения растительной продукции, инфильтрационных и поверхностных вод. Это характеризует общую загрязненность почвы, но не отражает степени доступности элементов для растений. Данные результаты показывают общее количество подвижной формы металла. Ниже показаны результаты исследования почв по содержанию подвижных форм микроэлементов в эмбриоземах Павловского угольного разреза В (табл. 2).

По величине средней подвижной концентрации микроэлементы образуют следующий ряд: $Mn > Pb > Cu > Ni > Zn > Co$. Большой подвижностью среди высокоопасных элементов выделяется свинец с содержанием подвижных форм элементов 12–27 % от валового. Количество подвижных форм цинка достигает 22 % от валового содержания. Из второго класса опасности наибольшей подвижностью обладает медь – до 38 % от валового содержания. Подвижность кобальта составляет в отдельных случаях до 32 %, в основном же – около 12 % от валового содержания элемента. Среди элементов 3 класса опасности наибольшей подвижностью обладает марганец – до 42 % от валового содержания.

Результаты исследования эмбриоземов по подвижным формам микроэлементов на Лучегорском углеразрезе представлены в табл. 3.

По величине средней подвижной концентрации изученные микроэлементы образуют следующий ряд: $Pb > Cu > Zn > Ni > Co$. Большой подвижностью среди высокоопасных элементов выделяется свинец (содержание подвижных форм элементов от 75 % от валового). Количество подвижных форм цинка достигает 44 % от валового содержания. Из 2 класса опасности наибольшей подвижностью, как и в эмбриоземах на Павловском разрезе, обладает медь – до 44 % от валового содержания. Высокое содержание подвижных

Таблица 2

Содержание валовых форм и подвижность элементов (мг/кг / % от валового содержания) в эмбриоземах техногенных ландшафтов Павловского угольного разреза В

Разрез	Глубина, см	Co	Ni	Zn	Cu	Mn	Pb
Р 1–11 20 лет Акк	0–2	21,6/16,3	32,4/10,4	75,5/9,2	43,2/12,0	741,1/36,4	32,4/21,8
	2–5	22,0/11,7	22,0/13,5	66,1/7,0	44,1/11,8	673,7/37,2	33,1/19,4
	5–10	32,8/6,1	20,0/15,7	65,5/7,7	43,7/16,7	735,4/29,4	43,7/14,4
	10–15	32,8/5,2	21,9/13,1	65,6/7,0	43,7/11,8	744,2/28,5	21,9/25,9
	15–20	32,8/4,4	65,7/4,1	43,8/11,6	32,8/17,3	720,4/18,1	32,8/16,5
	20–30	21,4/7,6	32,1/8,1	53,5/9,4	21,4/21,5	571,7/19,8	32,1/14,6
	30–40	10,4/13,4	20,9/7,1	52,2/9,1	10,4/38,3	331,5/19,7	31,3/12,0
40–50	21,0/12,1	10,5/25,3	63,0/15,7	21,0/17,0	410,5/27,5	21,0/16,8	
Р 2–11 20 лет Трансакк	0–2	23,0/15,3	23,0/17,3	68,9/16,8	23,0/25,6	595,8/42,4	34,5/19,3
	2–5	21,7/12,5	21,7/12,2	54,3/7,5	21,7/16,7	504,5/37,2	10,9/27,9
	5–10	21,4/8,0	32,1/7,3	53,5/9,1	32,1/14,7	472,5/39,1	32,1/16,2
	10–15	21,4/9,3	–	53,6/11,3	42,9/10,2	497,9/38,5	21,4/27,2
	15–20	32,1/7,1	32,1/8,5	64,2/9,3	42,8/12,3	753,6/31,5	42,8/13,8
Р 8–11 30 лет	3–5	11,8/32,3	11,8/24,9	94,0/19,0	–	855,1/15,8	11,8/18,4
	5–10	10,7/16,0	21,4/6,3	64,3/13,7	10,7/23,6	356,9/30,8	11,8/18,4
	10–15	–	–	–	–	204,1/34,1	–
	15–20	21,3/3,4	21,3/3,7	63,9/15,5	10,6/38,6	337,7/28,8	–
ПДК /ОДК Россия		50	85/40	100/110	55/66	1500	32/65
ПДК ДВ		70	100	150	100	4000	300
ПДК, мг/кг 1н НС1 подвижные формы		12	36	60	50	600	60

Содержание валовых форм и подвижность элементов (мг/кг / % от валового содержания)
в эмбриоземах техногенных ландшафтов Лучегорского углеразреза

Разрез	Глубина	Co	Ni	Zn	Cu	Mn* подв.	Pb	B** вал.
Л 1-10 Э.И	A 0-4	15,7/2,8	22,3/20,6	47,7/32,4	27,3/44,4	379,7	18,7/53,0	31,3
	I 3-15	14,0/2,6	14,7/26,6	48,3/30,3	30,3/33,8	272,0	15,3/75,0	23,7
	II 20-30	13,0/2,8	19,0/25,3	63,0/30,3	30,0/43,3	364,0	17,0/65,3	26,0
	III 50-70	17,0/1,8	28,7/14,7	48,0/30,6	31,7/41,7	256,0	17,0/66,9	31,7
	IV 110-120	17,7/2,7	24,7/15,6	54,0/25,0	27,3/42,3	387,5	18,3/61,1	31,7
Л 2-10 Э. О-А	A 0-5	15,4/2,9	23,3/18,2	56,0/28,0	35,7/28,7	267,6	18,4/54,4	31,7
	I 5-15	15,3/2,7	22,9/17,6	57,0/31,3	33,6/35,3	216,0	16,4/58,0	30,3
	II 15-30	14,2/2,9	23,0/19,1	57,3/23,6	35,8/38,2	201,0	18,3/60,4	34,0
	III 50-70	17,0/2,9	25,2/18,4	59,8/19,9	35,0/32,2	247,1	19,2/46,9	31,4
	IV 90-120	14,5/8,8	22,2/53,2	57,5/44,9	31,7/36,0	164,0	16,5/75,8	28,2
Л 3-10 Э. Д.	A 0-10	16,4/3,0	24,1/19,9	62,2/29,0	32,2/31,9	267,8	18,2/57,5	29,3
	I 10-20	16,8/2,6	24,3/18,8	64,2/22,7	31,5/35,3	232,6	18,2/56,2	29,7
	I 20-35	15,8/3,0	23,0/21,9	65,1/22,0	35,6/31,9	260,0	18,3/53,2	30,7
	II 50-70	15,0/3,2	21,7/23,1	69,4/23,5	32,9/38,2	275,9	17,7/50,8	30,6
	III 90-110	15,7/2,4	23,4/19,7	63,6/13,2	34,5/16,2	188,0	18,1/54,7	31,6
Л 4-10 Э. Г-А	A 0-10	19,7/1,9	31,3/20,2	67,0/19,1	41,3/21,2	172,4	27,7/44,2	59,7
	I 10-20	15,7/3,3	19,0/17,7	73,7/10,7	30,0/29,1	178,6	15,0/75,3	31,7
	II 25-35	17,7/3,4	32,3/10,5	57,3/16,6	47,3/21,0	212,2	15,0/70,9	30,0
	III 50-60	14,3/3,4	52,7/8,5	55,3/21,4	30,0/29,3	292,3	20,0/35,2	26,3
	IV 90-100	15,3/4,0	23,7/17,1	64,0/18,5	38,7/28,7	212,2	22,0/40,5	32,3

Примечание: * мг/100 г; ** мг/кг.

форм свинца, цинка, меди, кобальта при снижении значений рН, малом содержании гуминовых кислот могут негативно отразиться на геохимической обстановке прилегающих территорий. Тем не менее содержание подвижных форм всех исследуемых элементов не превышает предельно допустимых концентраций [20]. Так же как и для почвообразующих пород юга России, можно отметить меньшую подвижность цинка по сравнению с медью и марганцем. Особенностью почв ЛУТЭКа является большая доля подвижных форм Pb относительно валового содержания.

Заключение

Формирующиеся на вскрышных отвальных породах почвы наследуют пестроту валового содержания микроэлементов от почвообразующих пород, слагающих тело отвалов. Результатом педогенеза к 30-летнему возрасту в основном является биогенная аккумуляция элементов-биофилов в верхних корнеобитаемых горизонтах.

Во вскрышных отвальных породах и формирующихся на них почвах содержание валовых и подвижных форм микроэлементов в большинстве случаев не превышает региональные, общероссийские кларки, а также установленные нормы ПДК и ОДК.

В техногенных ландшафтах Павловского и Лучегорского угольных разрезов почвы формируются на породах с невысокой санитарно-токсикологической опасностью. Учитывая малый период почвообразования и лесовосстановления на отвалах, можно предположить, что и в дальнейшем эти образования не будут представлять серьезной угрозы окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войткович Г.В. и др. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 280 с.
2. Голов В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2004. 316 с.
3. ГОСТы по охране почв «Охрана природы. Почвы» (17.0.0.02-79 –17.5.4.01-86).
4. Жарикова Е.А., Костенков Н.М. Особенности физико-химического и калийного состояния почв, формирующихся на породах угольных отвалов // Почвоведение. 2014. № 1. С. 120–128.
5. Клышевская С.В. Исследование микроэлементного состава почв естественных и нарушенных экосистем // Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития. Хабаровск, 2013. С. 208–210.
6. Костенков Н.М., Ознобихин В.И.. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. Владивосток: Дальнаука, 2007. 99 с.
7. Костенков Н.М., Клышевская С.В. Влияние тяжелых металлов отвальных пород угольных месторождений на окружающую среду бассейна р. Амур // Экологический риск и экологическая безопасность: материалы III Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Т. 2. Иркутск, 2012. С. 257–259.
8. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Научное обоснование снятия и использования плодородного слоя почв при открытых разработках полезных ископаемых // Аграрная наука сельскому производству Дальнего Востока: к 75-летию образования Россельхозакадемии: сб. науч. тр. ДВ НМЦ РАСХН. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 193–200.
9. Костенков Н.М., Клышевская С.В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в отвальных породах Бикинского месторождения // Проблемы регион. экологии. 2011. № 6. С. 76–80.
10. Крупская Л.Т. Охрана и рациональное использование земель на горных предприятиях Приамурья и Приморья. Хабаровск: Приамур. геогр. о-во, 1992. 175 с.
11. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 2003. 356 с.
12. Молчанова И.В., Михайловская Л.Н., Позолотина В.Н., Журавлев Ю.Н., Тимофеева Я.О., Бурдуковский М.Л. Техногенное загрязнение почвенно-растительного покрова юга Приморского края // Экология. 2013. № 5. С. 334–338.
13. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. М., 2006.
14. Полохин О.В., Пуртова Л.Н., Сибирина Л.Н., Клышевская С.В. Сингенетичность почв и растительности техногенных ландшафтов юга приморья // Естеств. и техн. науки. 2010. № 5. С. 164–166.
15. Полохин О.В. Специфика преобразования минеральных форм фосфатов при почвообразовании в техногенных ландшафтах // Сибир. экол. журн. 2007. № 5 С. 843–847.
16. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А. Андроханов, В.М. Курачев; отв. ред. А.И. Сысо; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
17. Протасова Н.А., Щербаков А.П. Особенности формирования микроэлементного состава зональных почв Центрального Черноземья // Почвоведение. 2004. № 1. С. 50–59.
18. Пуртова Л.Н., Сибирина Л.А., Полохин О.В. Запасы растительного органического вещества и процессы гумусоаккумуляции в почвах техногенных ландшафтов на юге Приморья // Фундаментальные исследования. 2012. Вып. 3, № 3. С. 535–538.
19. Характеристика агроземов Приморья. Уссурийск: ФГУ ГЦАС «Приморский», ДВО ДОП РАН, 2001. 172 с.
20. Чуджиян Х., Кирвета С., Фацек З. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Экол. кооперация. Вып. 1. Братислава, 1988. С. 5–24.
21. Шкабарня Н.Г., Гарбузов С.П. Сопутствующие полезные компоненты Павловского бурогоугольного месторождения (Приморье) // Вологодские чтения. 2002. № 24. С. 16–17.

К статье И.С. Литвиненко, Л.А. Соломенцевой «Мальдонит в золото-редкометалльных проявлениях Мякит-Хурчанского рудно-россыпного узла (Северо-Восток России)»

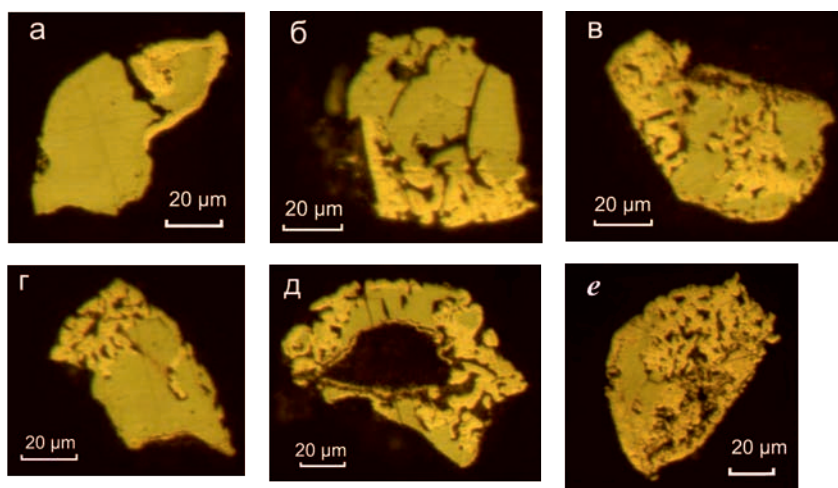
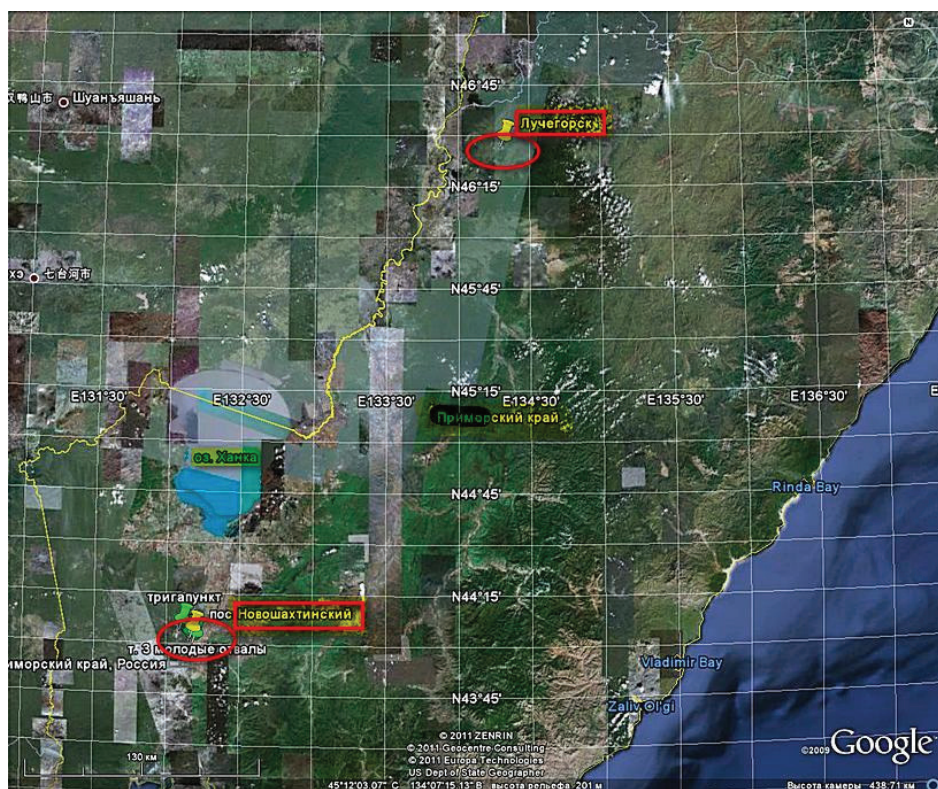


Рис. 3. Выделения мальдонита (зеленовато-желтое) с фрагментарными пленками самородного золота (желтое) (а) и сростки мальдонита с самородным золотом ветвисто-петельчатой текстуры (б–е). Монтрированные аншлифы. Оптический микроскоп

К статье О.В. Полохина, С.В. Клышевской «Особенности микроэлементного состава почв техногенных ландшафтов в районах добычи бурого угля (Приморский край)»



Район исследования (Приморский край)