

**ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И ГЕНЕЗИС ТОКСИЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ВО ВМЕЩАЮЩИХ УГЛИ ПОРОДАХ  
ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ  
РАЙОНОВ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Описано стан проблеми накопичення промислових відходів на території України і Донбасу. Позначена наявність рідкісних металів у відходах вуглевидобутку. Виявлено форми знаходження токсичних елементів у породах, що вміщують вугілля, тектонічних структур Луганської області. Визначено генезис токсичних елементів у породах, що вміщують вугілля, тектонічних структур Луганської області. Детально описано генезис ртуті (Hg). Встановлено, що до породоутворюючих елементів серед потенційно токсичних елементів можна віднести ванадій (V) і хром (Cr). Виявлено, що всі інші елементи: ртуть (Hg), арсен (As), свинець (Pb), нікель (Ni), кобальт (Co), марганець (Mn), берилій (Be) і фтор (F) особливо в концентраціях, що досягають аномальних вмістів, мають гідротермальний генезис. У процесі досліджень встановлено, що ці елементи являють інтерес і як супутні корисні копалини.  
Ключові слова: промислові відходи, токсичні метали, рідкі метали, генезис, породоутворюючі елементи.

Описано состояние проблемы накопления промышленных отходов на территории Украины и Донбасса. Обозначено наличие редких металлов в отходах угледобычи. Выявлены формы нахождения токсичных элементов во вмещающих угли породах тектонических структур Луганской области. Определен генезис токсичных элементов во вмещающих угли породах тектонических структур Луганской области. Детально описан генезис ртути (Hg). Установлено, что к породообразующим элементам среди потенциально токсичных элементов можно отнести ванадий (V) и хром (Cr). Виявлено, что все остальные элементы: ртуть (Hg), мышьяк (As), свинец (Pb), никель (Ni), кобальт (Co), марганец (Mn), бериллий (Be) и фтор (F) особенно в концентрациях, достигающих аномальных содержания, имеют гидротермальный генезис. В процессе исследований установлено, что эти элементы представляют интерес и как сопутствующие полезные ископаемые.

Ключевые слова: промышленные отходы, токсичные металлы, редкие металлы, генезис, породообразующие элементы.

The state of the problem of accumulation of industrial waste on the territory of Ukraine and the Donbass. Indicated by the presence of rare metals in the waste of coal mining. Identified forms of presence of toxic elements in the host rocks of the tectonic structures of coal Lugansk region. Defined genesis of toxic elements in the host rocks of the tectonic structures of coal Lugansk region. Described in detail the genesis of mercury (Hg). Found that a rock-forming elements of potentially toxic elements include vanadium (V) and chromium (Cr). Revealed that all other elements: mercury (Hg), arsenic (As), lead (Pb), nickel (Ni), cobalt (Co), manganese (Mn), beryllium (Be) and fluorine (F) especially in concentrations reaching abnormal contents are hydrothermal origin. During the study found that these elements are also of interest as related minerals.  
Keywords: industrial waste, toxic metals, rare metals, genesis, rock-forming elements

На території України накоплено порядку 25 млрд. тонн твердих відходів угольної, горнорудної, металургічної, енергетичної і інших галузей промисловості, з яких більша частина знаходиться в межах Донбасу. Основна маса відходів розміщена в 1200 угольних терриконах, 63 хвостохранилищах і шламонакопичувачах обогатительних фабрик, 11 золошлакових отвалах металургічних заводів і теплових станцій і т.п. На кожного жителя України приходить близько 599 т, а жителя Донбасу - 4000 т твердих промислових відходів. Щорічно їх кількість зростає на 100-150 млн. т. Відходи займають до 160 тис. га родючих земель [2]. Вони представляють собою

постоянно действующий источник загрязнения окружающей природной среды для всей территории Украины, т.к. до 70 % энергетических углей сжигается за пределами Донбасса, а местное население использует золу для хозяйственных нужд. В отходах угледобычи выявлены высокие концентрации многих металлов, кг/т: лития (Li), марганца (Mn) и титана (Ti) - свыше 10, германием (Ge) - до 5, скандия (Sc) - до 0,5 и т.д.

На современном этапе развития экономики Украины все большее внимание привлекается к вопросам комплексного использования промышленных отходов и усиления охраны окружающей природной среды от загрязнения. Это диктуется стремлением промышленных предприятий повысить эффективность производства продукции. В промышленности Украины около 70 % затрат приходится на сырье и энергию, цены на которые неуклонно растут. Наряду с этим, ужесточились требования по охране окружающей природной среды, и возросла стоимость земли, используемой для отвалов и полигонов. Поэтому, в условиях удорожания природных ресурсов их комплексное использование является важным условием конкурентной способности предприятий. Применительно к угольной промышленности эта задача в значительной мере может быть решена на основе вовлечения в сферу промышленного потребления отходов как таковых, равно как и извлечение из них отдельных полезных компонентов, что приведет к повышению рентабельности предприятий, и создаст предпосылки для внедрения малоотходных и безотходных производств.

Государственная важность изучения отходов определена законами Украины «Об отходах» и «Об охране окружающей среды», Указом президента Украины «О геологическом изучении и порядке использования техногенных месторождений полезных ископаемых Украины», соответствующими постановлениями Кабинета Министров. В рамках этих документов Украинским научно-исследовательским институтом экологических проблем по заказу Луганской дирекции Укрруглеструктуризации, были проведены работы по паспортизации 85 породных отвалов, расположенных на территории закрытых угольных шахт Стахановского углепромышленного района и в целом Луганской области. Для выполнения этих работ было необходимо провести геохимическое исследование пород промплощадок шахт, породных отвалов, шламонакопителей и т.д.

Целью исследований является выявление породообразующих элементов среди потенциально токсичных элементов во вмещающих угли породах тектонических структур горнопромышленных районов Луганской области. Это, в свою очередь, поможет решить эколого-геохимические проблемы, связанные с дальнейшим хранением или использованием продуктов переработки углей.

Для достижения цели исследований, необходимо было решить следующие задачи: выявить формы нахождения токсичных элементов во вмещающих угли породах и определить генезис токсичных элементов во вмещающих угли породах тектонических структур Луганской области.

К токсичным и потенциально-токсичным элементам относятся ртуть (Hg), мышьяк (As), бериллий (Be), фтор (F), свинец (Pb), никель (Ni), марганец (Mn), ванадий (V), хром (Cr). В процессе выполнения работ были детально изучены первые шесть элементов. Что касается марганца (Mn), ванадия (V) и хрома (Cr), то они были изучены по архивным данным Государственного геологического предприятия «Луганскгеология» [4].

Наличие ртути (Hg) в углях Донбасса изучается достаточно давно и всесторонне. Впервые, в 1946 г., данные о ртути (Hg) в углях Донбасса появились в

работах Саукова А. А., в 1956 г. установлено высокое содержание ртути (Hg) в месторождениях Никитского ртутного поля, и в дальнейшем в пределах шахтных полей Центрального района Донбасса (Кирикилица С.И., 1970 г.). С 1959 г. институтом минеральных ресурсов в содружестве с трестом «Шахтной геологии», Горловским, Макеевским, Коммунарским коксохимическими заводами, трестами «Артемгеология» и «Луганскгеология» проводилось широкомасштабное изучение наличия ртути (Hg) в углях Донбасса. В Луганской геологоразведочной экспедиции изучением ртути (Hg) в углях с 1959 г. занимались исследователи - Ткач Б. И., Штанченко М. С., Чикетов П. С..

Ниже приведены данные исследований по изучению форм нахождения токсичных элементов во вмещающих угли породах, входящих в состав породных отвалов. При проведении исследований и обработке изложенного материала использованы архивные данные Восточного государственного регионального геологического предприятия «ВостокГРГП», и данные автора, полученные при проведении поисковых, съёмочных, экологических и геохимических работ на территории Луганской области в период 2001 – 2007 гг.

Донбасс является ртутной провинцией с рядом месторождений в его центральной части. Поэтому наиболее часто встречаемой формой нахождения ртути (Hg) в каменноугольных отложениях являются киноварь.

На территории Луганской области киноварь встречается преимущественно в виде тонкой вкрапленности в гидротермальных прожилках разной мощности и разного минерального состава. Интенсивность гидротермальной минерализации и частота встречаемость киновари в прожилках возрастает в севера – северо-запада в южном и юго-восточном направлении в сторону главных линейных структур Донбасса [3,5]. Киноварная минерализация отмечается, начиная с зоны Лисичанского надвига. Здесь, в пределах Матросско-Тошковой брахиантиклинали, она встречается как в прожилках диккит-битумно-карбонатного состава, так в виде тонкой вкрапленности в песчаниках и известняках карбона.

Совместно с нею встречаются пирит, реже галенит, сфалерит, халькопирит и арсенопирит. Следует отметить, что на участке Мирнодолинском, в пределах вышеуказанной структуры, содержание ртути в гидротермальном пирите достигает 0,001%.

Южнее, в зонах воздействия Алмазного и Марьевского надвигов, встречаемость киновари довольно резкая и преимущественно в карбонатных прожилках, реже диккитовых. Кроме вышеуказанной минерализации для зоны Марьевского надвига, характерна пиритовая и баритовая минерализация, слабое окварцевание терригенных пород и окремнение известняков до образования по ним метасоматических кварцитов. В гидротермальных прожилках наряду с киноварью встречаются единичные зерна галенита, сфалерита, куприта, чаще миллерита.

В зоне Алмазного надвига киноварь встречается в карбонатно-диккитовых прожилках, реже с кварцем. Минерализация здесь аналогична вышеописанной, но в отличие от нее, чаще на стенках трещин в песчаниках встречается кварц и более высокая интенсивность диккитизации и окварцевания пород. В пределах углеразведочного участка Черкасский Южный киноварь встречена в скважинах № Г 1691 и Г 1694.

Еще южнее в зоне влияния Ильичевского надвига киноварь встречается в пределах кварц-диккитового и диккитового состава, реже карбонатного, кварцевого. Наряду с этой минерализацией, широко распространена кварц-

кальцитовая, кварц-анкеритовая с донбасситом и пиритовая минерализация. В прожилках чаще, чем в предыдущих зонах встречаются зерна галенита, сфалерита миллерита (никельсодержащего сульфида) и появляется зигенит (кобальтсодержащий сульфид). Характерно более интенсивное окварцевание пород.

К юго-востоку, в зоне Краснодонского надвига, киноварь встречается в прожилках кварц-донбасситового, реже кварц-ректоритового, кварц-диккитового и кварцевого состава. По Волнухинскому структурному профилю киноварь обнаружена в скважинах № Д 1325, Д 1443, в скважинах Троицкого участка и скважинах № Е 3274 - Е 3276, Е 3271, Е 3269, Е 3318 на углеразведочном участке Краснодонский Южный. В этой зоне встречается кальцитовая и пиритовая минерализация, породы интенсивно окварцованы. В единичных зернах в донбассите (литий-содержащий хлорите) отмечается галенит и сфалерит.

В пределах сводов Северной и Главной антиклиналей киноварь встречается преимущественно в кварц-ректоритовых прожилках, реже в кварц-донбасситовых. На крыльях этих структур она чаще отмечается в кварц-донбасситовых и кварц-кукситовых прожилках и редко в кварц-ректоритовых. В пределах всей Луганской области самая интенсивная минерализация киновари встречена на южном крыле Северной антиклинали в кварц-кукситовых прожилках среди пропластков углей ряда шахт Свердловской-Гуковской площади [1,6]. На углеразведочных участках киноварь встречена в скважине № И 3226 (Володарский рудник), № 705 (Долканский Южный) и № Ц 271 (Боржиковский).

В целом, в пределах сводовых частей антиклиналей наиболее широко распространены кварц-анкерит-ректоритовая, кварц-анкерит-донбасситовая и кукситовая, кварцевая минерализация. Почти повсеместно при проведении шлихового опробования выявлены ореолы киновари [4].

В углях же наряду с киноварью встречаются и металлическая ртуть, связанная со сложным комплексом калия и хлорида, в виде органической ртути. По данным А.А. Саукова и др., учитывая сорбционные свойства угля и большую упругость паров ртути, считается наиболее вероятным ее осаждение в углях из гидротермальных растворов в металлическом виде. На присутствие в органическом веществе самородной ртути указал и В.П. Федорчук [5].

Вопрос генезиса ртути является наиболее всесторонне изученным, и большинство исследователей считают ее термального происхождения.

Учитывая установленную связь аномальных содержаний ртути с разрывными нарушениями, к которым тяготеет максимальная интенсивность гидротермальной переработки пород, вероятнее всего ее генезис нужно считать гидротермальным. Однако наличие фонового распределения ртути и двух пиков на графиках ее концентраций в пробах не может исключить осадочное происхождение некоторой ее части.

Мышьяк (As) в каменноугольных отложениях встречается как в сульфидной форме – арсенопирите, так и в виде изоморфной примеси в пирите. По данным М.А. Карасика [3] в пирите из углей Боково-Хрустальской котловины содержание мышьяка (As) составляет 1130-2070 г/т.

В пределах зоны Главной антиклинали мышьяк (As) сопровождает золото-полиметаллические руды Нагольного кряжа и сурьяно-ртутные руды ртутных месторождений, поэтому локальные его аномалии являются явно гидротермального происхождения, и лишь фоновая часть может быть сингенетической осадконакоплению.

Свинец (Pb), как и ртуть, можно считать гидротермального генезиса. Это хорошо подчеркивается приуроченностью основных ореолов его повышенных содержаний к Главной синклинали вблизи руд Нагольного кряжа, а также к участкам с интенсивно проявленной разрывной тектоникой, в Северной зоне мелкой складчатости. Встречается, как правило, в сульфидной форме – галените.

Совместно с кобальтом (Co), марганцем (Mn) и бериллием (Be), никель (Ni) образует ореолы малой контрастности аналогичные ртути, (до 1,5 геофонов). Эти элементы характерны для гидротермальной минерализации, связанной с альпийским тектогенезом, наиболее активно проявившимся в зоне Северной мелкой складчатости. Никель (Ni) и кобальт (Co), как указывалось выше, встречаются в гидротермальных прожилках сульфидной формы – в виде миллерита и зигенита. Нередко эти два элемента встречаются в виде примеси в пиритах (кобальтосодержащие) и кобальт-пиритах.

Фтор (F) в каменноугольных отложениях встречается в виде флюорита (Волнухинское проявление). Единичные зерна флюорита отмечались в керне скважин на участках: Боржиковский, Краснодонский Глубокий. Известны единичные находки флюорита в шлихах в зоне Северной мелкой складчатости.

Встречены фторсодержащие апатиты гидротермального генезиса. Кроме того, фтор присутствует в кукците и донбассите (литий-содержащих хлоритах). По-видимому, фтор следует считать гидротермального генезиса, хотя нельзя исключить для некоторой его части имеющей осадочное происхождение.

И только ванадий (V) и хром (Cr) можно отнести к типичным породообразующим элементам (сингенетичным осадконакоплению). Форма нахождения их не ясна. В углях они, вероятно, могут встречаться в сорбированном состоянии в виде солей органических кислот, или входить в состав комплексных соединений.

Выводы. Установлено, что к породообразующим элементам среди потенциально токсичных элементов можно отнести ванадий (V) и хром (Cr). Выявлено, что все остальные элементы: ртуть (Hg), мышьяк (As), свинец (Pb), никель (Ni), кобальт (Co), марганец (Mn), бериллий (Be) и фтор (F) особенно в концентрациях, достигающих аномальных содержаний, имеют гидротермальный генезис. Отмечено, что как правило, большинство из них встречается в сульфидной форме: ртуть (Hg) в киновари и в виде изоморфной примеси в пирите и других сульфидах, мышьяк (As) – в арсенопирите и пирите, никель (Ni) – в миллерите и примесь – в пирите, кобальт (Co) – в зигените и кобальто-пиритах, свинец (Pb) – в галените. Замечено, что фтор (F) встречается во флюорите, и, как изоморфная примесь, в содержащих литий хлоритах: кукците и донбассите. Не исключено, что элементы гидротермального ряда при содержаниях, близких к фоновым, имеют осадочное происхождение.

В процессе исследований установлено, что эти элементы представляют интерес и как сопутствующие полезные ископаемые.

### Библиографический список

1. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555 – 571.

2. Горовой А.Ф., Горовая Н.А. Геохимия твердых промышленных отходов предприятий Донбасса // Минералогический журнал. – 2001. – №4. – С. 136 – 142.
3. Карасик А.А., Дворников А.Г. Геохимия и фазовый состав ртути в углях УССР в связи с оценкой перспективности новых районов. Фонды Луганской ГРЭ. Симферополь. 1970. – 87 с.
4. Кисиль А.И., Любарь А.И. Отчет по изучению особенностей распределения токсичных элементов во вмещающих породах разведываемых угольных месторождений Ворошиловградской области. В 2-х томах. № 39-82-67/45. Ворошиловград. – 1984. – 90 с.
5. Федорчук В.П. Геологический справочник по ртути, сурьме, висмуту / В.П.Федорчук, Э.Ф.Минцер //М.: Недра. – 1990. – 215 с.
6. Юдович Я.З., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: ИрОРАН, 2005, ISBN 5 – 7691 – 1521 – 1, 648 с.