

УДК 550.42 + 574 (571.17)

РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ УГЛЕЙ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Кузнецова Т.А., студент гр. ПГС-151, 1 курс
Научный руководитель: Возная А.А., к. г.-м. н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Экологическая опасность использования угля, как источника энергии имеет много аспектов. Одним из них является природная радиоактивность топлива.

Радиоактивность – это способность химических элементов или их изотопов самопроизвольно излучать α -, β - частицы и/или γ - кванты. В горных породах наиболее распространены радиоактивные изотопы урана (^{238}U , ^{235}U , ^{234}U), тория (в основном – ^{232}Th) и калия (^{40}K). Калий постоянно выводится из организма в процессах жизнедеятельности, а торий и уран накапливаются, представляя опасность.

Радиоактивность любого изотопа характеризуют числом распадов атомов в секунду. Единица радиоактивности – беккерель (Бк), а радиоактивность, отнесенная к массе радиоактивного вещества – удельная радиоактивность (Бк/кг). Для ^{232}Th она составляет $4,03 \times 10^6$ Бк/кг, а для ^{238}U – $1,23 \times 10^7$ Бк/кг.

Содержание радионуклида в воде или воздухе, измеряют в таких единицах измерения, как Бк/л или Бк/м³. Согласно нормативам, допустимые концентрации радионуклидов в атмосферном воздухе не должны превышать для ^{232}Th – $9,3 \times 10^{-7}$ Бк/л, а для ^{238}U – $8,1 \times 10^{-5}$ Бк/л [1].

Радионуклиды поступают в организм в основном через органы дыхания. Торий накапливается в костях скелета и костном мозге, вызывая патологические поражения костной ткани. Период его биологического полувыведения составляет 68 лет. Уран тоже концентрируется в костях, и в легких, но выводится он из скелета быстрее, период полувыведения 450 суток. Главная опасность воздействия радиации – рост числа онкологических заболеваний и генетических аномалий.

Угольные теплоэнергетические станции являются источником радиационного заражения за счёт дымовых выбросов. При сжигании часть радиоактивных элементов, содержащихся в угле переходит в газовую фазу, а затем конденсируется на микрочастицах золы и попадает в атмосферу. Другая часть радионуклидов уходит в золоотвалы [1].

Чтобы понять природу радиоактивности угля необходимо обратиться к происхождению этой уникальной горной породы.

Ископаемый уголь – это горная порода, сложенная из геологически измененных тканей древних растений.

Углеобразование на планете тесно связано с возникновением и эволю-

цией наземной флоры. Растения-углеобразователи появились на суше около 410 миллионов лет назад в начале девонского периода, их остатки стали накапливаться, дав начало современным бассейнам каменного угля. До этого, на протяжении примерно трех миллиардов лет жизнь существовала лишь в Мировом океане.

Как только растение или животное погибает, органическое вещество, слагающее его, подвергается мощной атаке микробов и быстро (по геологическим масштабам мгновенно) распадается на простые соединения. С этой задачей легко справляются аэробные гетеротрофы – микроорганизмы, живущие за счет «готового» органического вещества при достаточном количестве кислорода в среде. При дефиците свободного кислорода разрушительная деятельность этих микроорганизмов резко замедляется. Такая обстановка является восстановительной. Ограниченный доступ кислорода во время посмертного преобразования растительной ткани – обстоятельство, позволившее сохраниться в недрах органическому веществу.

Образование углей происходило во влажном климате в болотной фациальной обстановке, при условии выровненного низменного рельефа с уровнем грунтовых вод совпадающим с поверхностью земли. Такая обстановка обеспечивает восстановительную среду. Из разрушителей органики здесь могут жить только анаэробные сапрофиты, но их активность и численность ничтожна по сравнению с аэробами. Растительная ткань попадая под слой воды или влажного осадка и при участии микроорганизмов превращается в торф – сложную смесь органических соединений.

Образовавшийся торф подвергался в течении длительного геологического времени процессу углефикации, то есть дальнейшему преобразованию под влиянием роста температуры и давления на фоне погружения вглубь земной коры под покровом более молодых отложений. Сначала торф переходит в бурый уголь (первые сотни метров погружения), затем в каменный (первые километры), далее в антрацит (8 – 10 километров). На последних стадиях преобразования в процессах углефикации значительную роль играют водные флюиды о дислокационные тектонические движения. Инверсионные тектонические процессы могут прервать цепочку преобразования органического вещества на любой стадии углефикации. В связи с этим на планете существуют буроугольные, каменноугольные и антрацитовые бассейны [2].

Накопление в углях металлов, в том числе и радиоактивных происходило на стадии торфообразования. Торф содержит гуминовые кислоты, образовавшиеся из лигнина и целлюлозы.

В основе молекулы гуминовой кислоты ее лежат бензольные (ароматические) кольца, соединенные друг с другом или непосредственно, или через промежуточные алифатические связи (мостики). К каркасу бензольных колец присоединены функциональные группы: карбоксильные (COOH), гидроксильные (OH), метоксильные (OCH₃) и другие. Водород функциональных групп может быть замещён ионами металлов. Насыщение гуминовых кислот

торфяников радиоактивными элементами происходит питающими их водами, приносящими металлы из соседних областей сноса.

В гуминовых кислотах концентрация функциональных групп максимальна. Углефикация сопровождается снижением количества функциональных групп, бензольные кольца связываются друг с другом без посредников. На стадии антрацита уже почти все бензольные кольца связаны напрямую [1].

В углях уран был обнаружен в 1875 году. Среднее содержание урана в углях составляет 3,6 г/т. Природный уран представляет собой смесь трех изотопов в следующих пропорциях: ^{238}U – 99,282 %, ^{235}U – 0,712 %, ^{234}U – 0,006 %. В составе углей большая часть урана связана с кислородом функциональных групп (гидроксильных, карбоксильных, карбонильных) в гуминовых кислотах [1, 3].

Содержание урана в торфе иногда превышает 0,1 г/л, это больше средних значений для питающих торфяники речных вод на целых пять порядков.

В процессе метаморфизма часть функциональных групп гуминовых кислот, составляющих торф теряется, а, следовательно, образующийся уголь утрачивает и часть урана, накопленного на торфяной стадии. Именно поэтому руды урана в угленосных бассейнах не фиксируются.

В приповерхностных условиях зоны гипергенеза уголь часто окисляется. С ним происходят процессы обратные углефикации. С одной стороны, это ухудшает его качество как топлива, с другой стороны, при окислении в органическом веществе возникают гуминовые кислоты и возрастает число функциональных групп. Вследствие этого возрождается способность угля к химическим взаимодействиям, и если в подземных водах есть растворенный уран, то происходит его вторичное накопление в угле, иногда даже в промышленных концентрациях.

Торий в природе представлен в основном изотопом ^{232}Th (почти 100 %). Угольный кларк элемента в ископаемых углях – 4,2 г/т [3].

В отличие от урана, связанного с органическим веществом угля химическими связями, торий входит в состав глинистых минералов. Доля тория, химически связанная с органическим веществом, обычно незначительна, и случаи его накопления в зонах окисления угольных пластов не известны. Концентрация тория в углях определяется зольностью [1, 4].

Каковы геохимические особенности углей Кузнецкого бассейна в отношении радиоактивных элементов?

Первые публикации о радиоактивности каменных углей Кузбасса появились в 30-е годы 20 века. Позднее, в конце 80-х годов в Кузбассе начаты работы по изучению металлоносности углей и оценке концентрирования содержаний металлов в золошлаковых массах сгорания углей с целью обоснования перспектив комплексного освоения углей и извлечения элементов-примесей [5]. В ходе этих исследований изучалась не только ценность, но и токсичность элементов-примесей. Роль радиоактивных элементов исследована для тория по 405 пробам, урана по 333 пробам. Торий и уран кузнецких углей при средних содержаниях 4,198 и 4,125 г/т превышают нормативы по

естественным радионуклидам – 3,5 и 3,0 г/т. Максимальное их содержание в кузнецких углях 42,96 и 16,4 г/т, что соответствует содержаниям в золошлаковых массах 320 и 118 г/т. Такие содержания опасны для человека. Однако самые высокие содержания радионуклидов, в частности урана выявлены в бурых окисленных юрских углях севера Кемеровской области. Пласт Итатский содержит урана 139 г/т, в золошлаковой массе – 902,6 г/т, в пересчёте на UO_2 – 1023,9 г/т [5].

Все ГРЭС в Кемеровской области работают на Кузбасских углях, которые представляют радиационную опасность. Проблема загрязнения решается установкой пылеулавливающих фильтров и высоких труб.

Исследования распределения радионуклидов в атмосферном воздухе, проведённые на территории прилегающей к теплостанции, сжигающей угли Донецкого бассейна показали, что область превышения допустимых концентраций ^{232}Th и ^{238}U в приземном слое воздуха охватывает территорию в несколько сот квадратных километров. По мере приближения эти превышения становятся все больше и вблизи станции превосходят нормативы для урана в десять, а для тория в несколько десятков раз [1].

Значительные количества угля сжигают небольшие котельные и обычные граждане для обогрева своих домов. При этом высота труб невелика и отсутствует система очистки дымовых выбросов. В результате дым, насыщенный радионуклидами, стелется над землей, что возможно опаснее дымовых выбросов крупных предприятий.

Ситуация диктует необходимость поисков защиты окружающей среды от радионуклидов дымовых выбросов.

Во-первых, необходимо извлекать опасные элементы-примеси из угля до сжигания во время обогащения, во-вторых удалять загрязняющие вещества из дымовых выбросов до поступления в атмосферу, совершенствуя конструкцию фильтров.

Главная задача – проведение мониторинга содержания радиоизотопов и токсичных элементов в угольных пластах при отработке, обогащении, сжигании на материале новых аналитических данных.

Список литературы:

1. Кизильштейн, Л.Я. Уголь и радиоактивность / Л. Я. Кизильштейн // Химия и жизнь – 21 век. – Москва, 2006. – № 2 – с.24-29.
2. Миронов, К.В. Справочник геолога-угольщика. / К.В. Миронов. – М.: Недра, 1991. – 363 с.
3. Юдович, Я.Э. Геохимия ископаемых углей. / Я.Э Юдович. – М.: Наука, 1978. – 262 с.
4. Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. / Л. Я. Кизильштейн. – Ростов-на-Дону: Изд. СевероКавказского научного центра высшей школы, 2002. – 293 с.

5. Нифантов, Б.Ф. Угли Кузбасса: химические элементы-примеси и технологии их извлечения при комплексном освоении месторождений. / Б.Ф. Нифантов, В.П. Потапов, Б.А. Анфёров, Л.В. Кузнецова. – Кемерово: ИУ СО РАН, 2011. – 310 с.