

В. И. Худайгулова

V. I. Khudaigulova

34545500@mail.ru

Г. В. Харина

G. V. Kharina

gvkharina32@yandex.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург
Russian state vocational pedagogical university, Ekaterinburg

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ УГОЛЬНЫХ ТЭС В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF COAL-FIRED THERMAL POWER PLANTS IN THE SVERDLOVSK REGION

Аннотация: Работа посвящена изучению экологических проблем теплоэлектростанций. Представлены основные показатели различных видов углей, их элементный состав. Указаны вещества-загрязнители, образующиеся при сгорании углей. Особое внимание уделено составу Экибастузских углей, используемых Свердловскими ТЭС. Отмечена проблема золошлакоотвалов. Приведено содержание тяжелых металлов, присутствующих в летучей золе Экибастузских углей. Описаны мероприятия по снижению негативного влияния золошлакоотвалов на окружающую среду.

Abstract: The work is devoted to the study of environmental problems of thermal power plants. The main indicators of various types of coals, their elemental composition are presented. The pollutants formed during the combustion of coals are indicated. Special attention is paid to the composition of Ekibastuz coals used by Sverdlovsk thermal power plants. The problem of ash and slag dumps is noted. The content of heavy metals present in the fly ash of Ekibastuz coals is given. Measures to reduce the negative impact of ash and slag dumps on the environment are described.

Ключевые слова: уголь, теплоэлектростанции, загрязнение, золошлакоотвалы, тяжелые металлы.

Keywords: coal, thermal power plants, pollution, ash and slag dumps, heavy metals.

Введение. В Российской Федерации сосредоточен один из крупнейших в мире топливно-энергетических комплексов, доля которого в промышленном производстве составляет около 30%. На территории России находится около 23% мировых запасов угля и 45% природного газа. Как сообщается в [7], суммарная установленная мощность всех тепловых электростанций в России составила 164,6 ГВт (по данным на 01.01.2020), из них 10568 МВт приходится на ТЭС Свердловской области. Для своих нужд теплоэлектростанции используют различные виды углей, отличающихся теплотворной способностью, зольностью,

содержанием токсичных веществ в продуктах сгорания и другими показателями. Последние приводят к таким экологическим проблемам, как кислотные дожди, парниковый эффект, золошлакоотвалы, сточные воды. ТЭС причислены ко второму классу опасности промышленных объектов (высокая степень) согласно государственным санитарным нормам и правилам. В этой связи цель данной работы заключалась в исследовании анализа экологических проблем угольных тепловых электростанций вообще и в Свердловской области в частности, а также поиске путей минимизации их негативного воздействия на здоровье людей и окружающую среду.

Основная часть. Как было отмечено выше, используемые на ТЭС угли отличаются элементным составом и теплотворной способностью, т.е. количеством теплоты, выделяющимся при сжигании 1 кг топлива. Как следует из табл. 1, наибольшее содержание топливного углерода и самая высокая теплотворная способность характерны для антрацита, поэтому; казалось бы, он должен быть самым востребованным топливом на ТЭС. Однако такие показатели, как высокая температура возгорания ($600-700^{\circ}\text{C}$), большая вязкость и высокая стоимость (примерно в сто раз дороже каменного угля) не позволяют его использовать [1].

Таблица 1. Некоторые показатели различных видов углей

Уголь	Содержание элементов, %				Теплотворная способность, кДж/кг	Содержание влаги, %	Период формирования, млн лет	Глубина залегания в земной коре, км
	C	H	O+N	S				
Антрацит	96–98	1–2	1–2	0,5–7	33890	1–3	>350	7
Каменный уголь	75–90	4,5–5,5	4–15	0,6–6	35146	5–6	350	2–6
Бурый уголь	62–72	4,4–6,2	18–27	0,5–6	28030	До 40	50	1

Кроме того, при сжигании угля образуются различные вредные вещества (табл. 2).

Таблица 2. Содержание некоторых загрязнителей в продуктах сгорания углей и мазута, г/кВт*ч

Загрязняющие вещества	Виды топлива		
	каменный уголь	бурый уголь	мазут
SO ₂	6	7,7	7,4
Твердые частицы	1,4	2,4	0,7
NO _x	21	3,5	2,5

Как видно из табл. 2, сжигание каменного угля сопровождается образованием больших количеств оксидов азота – 21 г на каждый кВт*час, в то же время образуется минимальное количество сернистого газа, в отличие от бурого угля [2, с. 91].

В химическом составе вещества угля выделяют две группы элементов. Первая группа, доля которой составляет 99% всей массы неорганического вещества, включает в себя главные золообразующие элементы такие как кремний, алюминий, кальций, железо, магний, калий, натрий, сера и фосфор. Вторая группа включает в себя микроэлементы, которые составляют не более 1% от всего вещества угля. К микроэлементам относят малые, редкие и ультраредкие элементы (табл. 3). В углях концентрации некоторых элементов могут значительно превышать их среднее значение, что обусловлено особой, благоприятной для накопления микроэлементов, геохимической средой в угленосных пластах.

Таблица 3. Классификация элементов-примесей в углях

Группа малых элементов	Примерный состав в углях	Интервал содержания сухого вещества, г/т	Интервал содержания сухого вещества, %
Собственно малые	B, Cl, V, Mn, Cu, As, Zr, Pb, F, Ti, Cr, Ni, Zn, Ba	1000-10	0,1-0,001
Редкие	Li, Be, Sn, Sc, Sb, Co, Ga, Cs, Ge, La, Se, Yb, Sr, Zn, W, Br, Y, Nb, Mo, Cd, Hg, U, Bi	10-0,1	0,001-0,00001
Ультраредкие	Ag, Au, Pt, Re	менее 0,1	менее 0,00001

На Свердловских ТЭС используются в основном угли Экибастузского бассейна [8], характеризующиеся высокой зольностью (около 40%), насыщенностью минеральными веществами (каолинит, кальцит, кварц, гипс, сидерит) и достаточно высоким содержанием примесей (табл. 4). К положительным сторонам экибастузских углей можно отнести невысокое содержание воды и кальция, что не будет способствовать образованию отложений в котлах; нет вероятности затвердевания шлаков и золы при контакте с водой, поэтому газообразные отходы можно удалять с использованием скрубберов, а золу выводить водой.

Таблица 4. Содержание различных веществ в углях Экибастузского бассейна, %.

Углерод*	Общая влага	Сера	Летучие вещества *	Водород *	Кислород *	Азот*	Зольность
44,8	4	0,7	25	3	7,3	0,8	□

* – в сухом беззольном состоянии топлива

Главная экологическая проблема при использовании экибастузских углей – высокая зольность и загрязнение атмосферного воздуха оксидами азота. Не менее важной проблемой углей Экибастуза является радиоактивность золы, в результате чего происходит рассеивание радиоактивных элементов через дымовые трубы и радиоактивной пыли с золоотвалов.

К общим экологическим проблемам ТЭС относят изменение микроклимата и ландшафта прилегающих к ним территорий, истощение невозобновимого органического

топлива, деградацию водоемов и почв, возникновение дефицита кислорода вследствие процессов горения, парниковый эффект, кислотные осадки.

При горении угля в окружающую среду выделяются углекислый и угарный газы, оксиды серы и азота, бензпирен и другие вредные вещества. Углекислый газ снижает содержание кислорода в воздухе и является наряду с метаном главным виновником парникового эффекта. Угарный газ, представляющий собой продукт неполного горения органики, смертельно опасен для здоровья человека ввиду легкого взаимодействия с железом гемоглобина крови. Оксиды серы и азота, взаимодействуя с влагой атмосферы, образуют серную и азотную кислоты, выпадение которых чревато новыми экологическими проблемами. Кроме того, сернистый газ раздражает слизистую дыхательных путей и вызывает патологии органов дыхания. Бензпирен является канцерогенным веществом. В водоемы сбрасываются сточные воды, содержащие токсичные вещества, после чего не всегда для очистки сбросов применяются достаточные меры.

Огромный ущерб природным экосистемам и среде обитания человека наносят золошлакоотвалы теплоэлектростанций, площадь которых на сегодняшний день в России составляет несколько десятков тысяч гектаров и продолжает увеличиваться с каждым годом [9, с. 230]. Известно [5, с. 68], что почва вблизи золошлаковых отвалов в значительной степени загрязнена таким тяжелыми металлами, как медь, никель, свинец, цинк; в подземных и поверхностных водах, расположенных неподалеку от золоотвалов, обнаружено многократное превышение ПДК ванадия, молибдена, цинка, марганца, хрома и других растворимых форм тяжелых металлов. Среднее содержание токсичных элементов, поступающих в атмосферу при работе ТЭС, приведено в табл. 5 [3, с. 14].

Таблица 5. Среднее содержание элементов в продуктах сгорания угля (в % от общей массы)

Na, Al, Co, Fe, Mn, Se	V, Ni, Cu, Cr	Pb, Zn, Ag, Cd	Cl, Br, As, Sb, Hg
10	30	50	100

Экибастузские угли, используемые на ТЭС Свердловской области, также не отличаются экологичностью. При этом тяжелые металлы, содержащиеся в продуктах сгорания, распределяются между микрочастицами золы и дымовыми газами. Больше всего в атмосферный воздух поступает цинка и свинца (табл. 6).

Таблица 6. Содержание тяжелых металлов в летучей золе Экибастузских углей

Тяжелые металлы	Содержание в г/т	Рассчитанное содержание в мкг/кВт*ч
Cd	14,1	237
Co	63,0	1058

Zn	87,0	1462
Ni	45,6	766
Pb	90,5	1520
Cu	38,0	638

Согласно данным [8] за 2020 год объем выбросов предприятиями энергетики составил 323,4 т, что составляет 41% от суммарного выброса загрязняющих веществ по Свердловской области; объем размещенных отходов за этот же период составил 3268,836 т/год.

На основании вышеизложенного очевидна необходимость разработки мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия ТЭС на окружающую среду. В этой связи уместно проанализировать направления использования и переработки золошлаковых отвалов.

В России происходит устойчивый рост золошлаковых отходов (ЗШО) (табл. 7). В дальнейшем это приведет к опасному загрязнению окружающей среды, огромному экономическому ущербу, а также представляет угрозу здоровью современных и будущих поколений.

Таблица 7. Рост ЗШО

Золошлаковые отходы		
критерии	год	
		<i>2020</i>
		<i>2030</i>
Ежегодно		30 млн тонн
Утилизация и вторичное использование отходов		13–15%
		-
Накоплено отходов		1,3 млрд тонн
		1,5 млрд тонн

Состав и свойства золошлаковых отходов зависят от различных факторов, что в значительной степени оказывает влияние на направление их использования (табл. 8).

Таблица 8. Основные направления переработки ЗШО

Основные направления применения ЗШО	
<i>Направление</i>	<i>Виды</i>
Производство концентратов металлов и извлечение цветных, ценных и редких элементов	Германия, титан, железа, алюминия, галлий, ванадий и др.
Производство строительных материалов	Цемент; силикатные (известково-песчаных) изделия – силикатного кирпича, силикатных стеновых блоков, изделия из силикатных ячеистых бетонов; керамические изделия; искусственные заполнители; ячеистый, обычный и специальный виды бетонов (гидротехнический и жароупорный бетоны, пенозолобетон, газозолобетон, керамзитозолобетон)
Производство термо- и гидроизоляционных материалов	Шлаковая вата, микросферы, гидрофобные порошки

Производство литейных материалов	Теплоизоляционные, самосмазывающиеся и изоляционные задвижки, термоизоляционные плиты
Производство химических изделий	Средств защиты растений, заполнителей для пластмасс и резин, носителей катализаторов, сорбентов
Очистка вод и водостоков	Удаление фосфатов и ионов тяжелых металлов, ускорение седиментации, улучшение фильтрации
Удобрение и мелиорация почвы	Нейтрализация почвы, ввод микроэлементов, разрыхление или уплотнение структуры грунтов
Закладка горных выработок	
Строительство дорог, автострад, аэродромов, дамб	Нивелировка, возведение насыпей, стабилизация оснований, добавка к бетонам и асфальтам
Тушение пожаров в шахтах, лесах и др.	
Использование ЗШО для изоляции муниципальных свалок	

Анализ литературных источников [9] показал, что в настоящее время в мировой практике наметились разнообразные направления использования ЗШО.

Кардинальное решение проблемы переполнения золоотвалами видится в консервации золоотвалов для будущих поколений в качестве полезных месторождений. Истощение природных запасов сырья в настоящее время все в большей степени сказывается на экономиках многих стран мира. Поэтому золошлаковые «консервы» будут востребованы в будущем. Недостаток этого решения состоит в том, что необходим отвод новых площадей под ЗШО вместо законсервированных. Это решение стоит выбрать в том случае, если энергетические компании возьмут на себя обязательства по созданию условий для широкомасштабной утилизации. Они должны обеспечить принцип отдельного удаления и складирования ЗШО в экологически чистых хранилищах годичного регулирования.

В случае отсутствия площадей следует произвести интенсивные разбор зоошлаков для высвобождения емкостей золоотвалов близких к переполнению. В качестве потребителей могут стать отработанные карьеры, шахты, рудники и объекты ландшафтного и дорожного строительства. После высвобождения объектов следует организовать зоны отдельного складирования золы и шлака.

Выводы. Угольные ТЭС России является постоянным источником загрязнения окружающей среды. Негативное воздействие на здоровье населения и на окружающую среду происходит при выпадении не уловленной золы на почву и ее миграции по пищевым цепочкам в организмы живых существ. Снизить негативное воздействие на окружающую среду и на выбросы в нее можно не только контролем за содержанием микроэлементов в углях, но и использованием более высококачественного сырья угля, обогащенный зольностью, который соответствовал бы мировым экологическим стандартам.

Еще одним препятствием для развития более экологичных ТЭС является утилизация золошлаковых отходов. Золоотвалы и шлаки стали основным опасным источником загрязнения. Их утилизация и вторичное использование происходит в очень маленьком количестве 13–15%, что становится все большей угрозой как для здоровья населения, так и для окружающей среды. Значительно снизить воздействие угольных ТЭС на окружающую среду можно лишь при внедрении инновационных чистых технологий в электроэнергетику и переработку угля. Решение проблем энергетического использования ископаемых углей срочно требует централизованного подхода и создания соответствующей нормативной базы.

Список литературы

1. Бурый или каменный: какая разница чем топить ТЭЦ. URL: <https://sibgenco.online/news/element/brown-or-stone-is-there-any-difference-than-stoke-chp>.
2. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко. Ростов н/Д : Феникс, 2013. 623 с.
3. Кизильштейн Л. Я., Левченко С. В. Элементы-примеси и экологические проблемы угольной энергетики // Теплоэнергетика. 2003. № 12. С. 14–19.
4. Косарев А. С., Смолий В. А., Скориков А. В. Оценка возможности использования золошлаковых отходов теплоэнергетики при производстве гранулированного пористого заполнителя для легких бетонов и теплоизоляционных засыпок // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2018. № 4 (200). С. 111–117.
5. Крылов А. Д. «Токсичность» угольной тепло-электрогенерации // Горная Промышленность. 2016. № 5 (129). С. 66–71.
6. Сидорова Г. П., Крылов Д. А., Якимов А. А. Экологическое воздействие угольных ТЭС на окружающую среду // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 9 (124). С. 28–38.
7. Список тепловых электростанций России // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_тепловых_электростанций_России.
8. Схема и программа развития энергетики Свердловской области на 2013–2017 годы и на перспективу до 2022 года // Министерство энергетики и ЖКХ Свердловской области : официальный сайт. URL: https://energy.midural.ru/images/stories/doc/prg_energo_2012.pdf.
9. Черенцова А. А., Олесник С. М. Оценка золошлаковых отходов как источник загрязнения окружающей среды и как источник вторичного сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S3. С. 230–243.