

О ТОПЛИВНО - ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ КАЗАХСТАНА

B.D. Izhanov, I.A. Abdurasulov

ON THE FUEL - ENERGY RESOURCES OF KAZAKHSTAN

УДК: 621.311.22 (574.4) (043)

В статье рассматриваются понятие о топливе, его положительные и отрицательные качества в природе, а также топливно-энергетические ресурсы Казахстана.

The article deals with the concept of the fuel, its positive and negative qualities in nature, as well as the energy resources of Kazakhstan.

Вопросы охраны окружающей природной среды выдвигаются на первый план среди общечеловеческих ценностей. Сжигание топлива не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в среду загрязняющих веществ. Тепловые электростанции в наибольшей степени «ответственны» за усиливающийся парниковый эффект и выпадение кислотных осадков. Они вместе с транспортом поставляют в атмосферу основную долю техногенного углерода (в основном в виде CO₂), около 50% двуокиси серы, 35% окислов азота и около 35% пыли. Наиболее распространенными экологически опасными выбросами от ТЭС являются оксиды азота (NO_x), которые образуются при сжигании любого вида топлива. Количество образующихся и выбрасываемых в атмосферу NO_x зависит от многих факторов: вида топлива, способов организации процесса сжигания топлива и очистки отходящих газов. Имеются данные, что тепловые электростанции в 2-4 раза сильнее загрязняют среду радиоактивными веществами, чем АЭС такой же мощности.

В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа - 400 млн. доз, магния - 1,5 млн. доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется только потому, что они попадают в организмы в незначительных количествах. Это, однако, не исключает их отрицательного влияния через воду, почвы и другие звенья экосистем.

Можно считать, что тепловые электростанции оказывают отрицательное влияние практически на все элементы среды, а также на человека, другие организмы и их сообщества. Таким образом, успешное решение экологической проблемы при производстве энергии - одна из важнейших актуальных задач.

Казахстан имеет запасы широко используемых в современной энергетике ресурсов: твердое, жидкое, газообразное топливо, гидравлическую энергию. Основными энергетическими ресурсами Казахстана является твердое топливо, промышленные запасы которого составляют основную часть топливно-энергетических ресурсов. Наиболее крупными источниками угля являются Тургайский, Карагандинский, Майнообенский, Нижнеилийский и Экибастузский бассейны [1]. По объемам добычи угля Казахстан занимает восьмое место в мире и третье

среди стран СНГ. Балансовые запасы минерального топлива республики составляют 45,4 млрд. тонн условного топлива, из них на долю угля приходится около 80%, нефти - 13% и газа - 7%.

Одним из наиболее значительных источников угля для Казахстана и России является Экибастузский бассейн. Экибастузский уголь используется в основном как энергетическое топливо и предназначен для сжигания в топках пылеугольных котлов тепловых электростанций. В настоящее время качество экибастузского угля, поступающего на ТЭС, регламентируется техническими условиями 121, согласно которым относится к марке КСН и подразделяется на две группы:

- I группа: A^d ≤ 43,0%, Q_i^r_{сред} = 4150 ккал/кг
- II группа: A^d ≤ 48,0%, Q_i^r_{сред} = 3480 ккал/кг.

Свойства экибастузских углей:

а) состав по массе сырого угля, в %:

W^p A^p S^p_H S^p_{орг} C^p H^p N^p O^p
7,0 38,1 0,4 0,64 43,4 2,9 0,8 7,0.

Теплотворная способность Q_и^p = 4042 ккал/кг /3/:

б) состав по массе осушенного угля, в %:

W^p A^p S^p_H S^p_{орг} C^p H^p N^p O^p
2,5 39,94 0,42 0,42 45,5 3,04 0,84 7,34.

Теплотворная способность Q_и^p = 4223 ккал/кг вычислена по формуле:

$$Q_2 = (Q_1 + 6W_1) \frac{100 - W_2}{100 - W_1^l} \text{ ккал/кг}$$

в) состав золы, в % масс:

SiO₂ Al₂O₃ TiO₂ Fe₂O₃ CaO MgO K₂O Na₂O
64,5 27,5 0,7 4,5 1,7 0,2 0,6 0,3%;

г) символическая химическая формула угля:



На 1кг осушенного экибастузского угля k - δ имеют следующие значения:

k	l	m	n	p	g	г
37,9	33,2	18,4	0,6	2,15	4,29	0,225

t	з	α	β	γ	δ
0,121	0,263	0,035	0,0198	0,051	0,0387

Угли экибастузского бассейна каменные, но по составу исходного растительного материала - в основном гумусовые. Характерной особенностью углей является высокая насыщенность органической массы тонкодисперсными минеральными примесями (до 45-60%). Основными показателями качества угля

являются влажность, зольность, содержание серы, выход летучих веществ, элементарный состав угля, теплота сгорания, обогатимость, а также состав золы.

Экибастузские угли имеют значительную механическую прочность. Результаты рассева эксплуатационных проб валовой выемки показывают, что выход крупных классов (+13мм достигает 50%). Содержа-

ние золы снижается от крупных классов к мелким. Коэффициент размолоспособности углей с зольностью от 38,6 до 55,6 изменяется в пределах от 1,30 до 1,65 /4/. Коэффициент размолоспособности угля достаточно высок, он пригоден для размолы в шаровых барабанных, молотковых и среднеходных мельницах.

Таблица 1

Средний химический состав золы /7/

Бассейн, месторождения	A ^c %	s ^c %	Химический состав золы на биосульфатную массу, %									
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO ₂	P ₂ O ₅
Экибастузский бассейн	35,0	0,8	66,0	27,0	3,5	1,7	0,2	0,7	0,2	0,7	Следы	-
Карагандинский бассейн	30,0	0,9	58,0	27,5	6,2	4,5	1,7	1,4	0,9	0,7	-	, -
Тургайский бассейн	18,0	2,5	55,5	21,5	6,0	7,5	2,5	0,5	4,0	1,5	0,1	0,9

Экибастузские угли весьма многозольные. В работе /5/ приведены стендовые исследования условий самовоспламенения и взрываемости пыли экибастузского угля, где отмечено, что слой пыли, толщиной 18 мм, самовоспламеняется при температуре 147-153°C. В то же время пыль оказалась не взрывоопасна. Это объясняется высокой зольностью угля, присутствием в составе летучих веществ балласта в виде гидратной воды и, как следствие, низкой теплотой сгорания летучих. По величине исправленного на минеральный балласт выхода летучих экибастузский уголь оказался близким к тощему /6/, в отношении взрываемости он также оказывается в одной группе с тощими углями и полуантрацитом. Эти данные подтвердились в эксплуатации: случаи горения пыли в сепараторах, бункерах и других местах ее отложения имели место, но не зафиксировано ни одного случая взрывов в пылесистемах котлоагрегатов. Поэтому, как было показано в УралВТИ, температуру аэро-смеси экибастузского угля можно повышать до 180°C.

Уголь состоит из двух частей: горячей (из органической) части и негорючей (минеральной). Горячая часть угля состоит из органических веществ, образованных в основном такими элементами, как углерод, водород, кислород, азот и сера. Элементарный состав органической части рядовых углей:

C - 74,7%, H - 5,6%, N - 1,30%, O - 14,7%, S - 0,41%. В состав горючей части угля некоторых месторождений входит также неорганическая пиритная сера в виде серного колчедана FeS₂.

Негорючая (минеральная) часть угля состоит из влаги и золы. Зола состоит в основном из оксидов кремния, кальция, магния, алюминия, железа и др. В таблице 1 представлен средний химический состав золы.

Кроме вышеперечисленных оксидов, составляющих основную массу угля, (макрокомпоненты) в состав углей в весьма незначительных количествах (микропримеси) входят многие элементы, получившие название микроэлементов. К ним относятся цинк, свинец, хром, марганец, кобальт, никель, ртуть, мышьяк, сурьма, ванадий, германий, бор, бериллий, фтор, хлор и другие.

Большинство микроэлементов связано с минеральными примесями угля: глинистыми минералами,

карбонатами, пиритом, кварцем, полевыми шпатами, оксидами и гидрооксидами железа, а также присутствуют в топливе в виде сульфидов, арсенидов, селенидов. Часть микроэлементов - бериллий, ванадий, никель, кобальт, хром, медь, цинк - связаны не только с минеральной, но и с органической массой углей.

Таким образом, экибастузский уголь является хорошим энергетическим топливом, которое успешно сжигается в современных топочных устройствах. Однако высокая зольность угля и особенности его минеральной части приводят к необходимости предъявлять особые требования к топочным устройствам и вообще к котлоагрегатам.

Перспективным источником энергетических углей является Тургайский буроугольный бассейн. Предположительно на разведанных месторождениях Тургайского бассейна можно получить открытым способом 117 млн.т. угля в год и обеспечить выработку энергии 110 млрд. кВтч/год. Особенностью большинства месторождений Тургайского бассейна является сильная обводненность. В минеральной части ряда углей этого бассейна наблюдается повышенное содержание щелочей. Угли с высоким их содержанием относятся к «солевым». В Казахстане и в СНГ отсутствует опыт сжигания таких углей. Опыт зарубежных стран свидетельствует о том, что при сжигании в традиционных топках углей с повышенным содержанием щелочей происходит их возгонка с последующей конденсацией на поверхности нагрева, что приводит к их загрязнению и шлакованию. Котлоагрегаты на «солевых» углях должны иметь специальные приспособления для встряхивания поверхностей нагрева и топочные устройства с пониженной температурой.

Наличие в тургайских углях большого количества серы отрицательно скажется на работе конвективных поверхностей нагрева. Сульфатизация отложений соединений щелочных и щелочно-земельных металлов может привести к уплотнению отложений и заносам конвективных поверхностей нагрева.

Неблагоприятным компонентом золы Тургайского месторождения является окись фосфора. Даже при небольших количествах (0,01-0,9%) на поверхностях нагрева наблюдается отложения с содержа-

нием P_2O_5 до 45%, вызывающие трудности в эксплуатации.

Наиболее благоприятные характеристики из углей Тургайского бассейна имеет бурый уголь Орловского месторождения, тем не менее его можно отнести к шлакующим.

В связи с повышенным содержанием серы основной проблемой при работе тепловых электростанций на углях Тургайского бассейна является защита воздушного бассейна от вредных газовых выбросов окислов серы и азота. При существующих методах сжигания выбросы окислов серы определяются содержанием угля. Основным методом уменьшения выбросов является сероочистка уходящих дымовых газов, требующая значительных эксплуатационных и капитальных затрат.

Угли Нижнеилийского месторождения бурые с теплотой сгорания $Q_{p,и} = (12000 - 13400)$ кДж/кг, $У = 38,1\%$, повышенной влажности $W^p = 37,9\%$, низкой зольностью $A^c = 15,23\%$.

К недостаткам относятся повышенное приведенное содержание серы и неблагоприятный состав минеральной части, включающей большое количество щелочей и соединений СаО. Значительная часть илийских углей содержит 0,3-1,0% хлора, что и является причиной шлакования поверхностей нагрева. Содержание хлора выше 0,3% опасно для этих поверхностей. Наличие щелочей не только приводит к заносам поверхностей нагрева, но также может обусловить заметную наружную коррозию пароперегревателя. Не менее серьезные затруднения при эксплуатации котлоагрегатов с пылеугольными топками вызовет значительное содержание в золе этого угля окиси кальция, который способствует образованию на конвективных поверхностях отложений, уплотняющихся со временем.

Запасы высококачественных углей относительно ограничены, и по мере их исчерпания возникает необходимость использования менее качественных, низкосортных углей. Сжигание таких углей в традиционных котельных агрегатах средней и большой мощности в достаточной степени не освоено.

Еще более сложное положение складывается для котлов небольшой мощности (Д менее 30т/ч), которые оборудуются слоевыми топками. Для удовлетворительной работы таких топок требуется сортовое котельно-печное топливо, которое в Казахстане не производится. Сжигание экибастузского угля показало, что он не пригоден для сжигания в слоевых топках. Самой перспективной является низкотемпературная топка с кипящим слоем.

При эксплуатации котлов ДКВР-10-13 с топками ЛМЗ-ЛЦР 2700/4000, установленных в котельной разреза «Богатырь», при сжигании экибастузского угля, зольностью приблизительно 35%, достигнуть номинальной производительности котлов и обеспечить приемлемые технико-экономические показатели не удалось.

Таким образом, проведенный анализ основных угольных месторождений Казахстана, а также результаты сжигания этих углей показывает о трудностях, возникающих при их традиционном сжигании, как в крупных, так и в небольших котлах.

Длительный опыт эксплуатации тепловых электростанций показывает, что используемая на ТЭЦ сырая вода должна проходить несколько ступеней очистки. Наиболее высокие требования предъявляются к качеству воды, служащей для заполнения конденсатно-питательного устройства паротурбинной установки и подпитки его в течение всего периода эксплуатации блока.

Исключительная особенность блока водоприготовления состоит в том, что при единых нормах качества питательной и добавочной воды для однотипных ТЭЦ схема водоподготовки должна обеспечить это качество, потребляя исходную воду, химический состав которой существенно различается и в течение года, и по географическому расположению источника водоснабжения, и по месту отбора. В зависимости от этого, даже на однотипных электростанциях, применяются различные методы обработки воды. Наиболее распространенными являются технологии, основанные на химическом обессоливании в ионообменных фильтрах (для источников с малой и средней минерализацией) и технологии термического обессоливания (для вод с повышенной и высокой минерализацией).

Из-за многообразия примесей, находящихся в исходной природной воде, очистка добавочной воды на водоподготовительных установках (ВПУ) для подпитки ПГ проводится в несколько этапов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Первый этап - предочистка. Ее задача - обеспечить высокие технико-экономические показатели для последующих этапов очистки. Предочистка, как правило, осуществляется реагентными методами. В исходную воду дозируются специальные реагенты. В результате чего примеси выпадают из воды в виде осадка.

На первой предварительной стадии очистки воды образуется большое количество шлама. Процесс его образования состоит в следующем: методы обработки воды на предочистке включают в себя осветление воды, а также снижение щелочности и частичное её умягчение.

Осветление происходит в процессе удаления из воды грубодисперсных и коллоидных примесей, являющихся причиной мутности воды. К грубодисперсным (взвешенным) примесям относятся примеси с размером частиц более 100 микрон. Грубодисперсные примеси образуют с водой гетерогенную систему, т.е. систему с наличием границ раздела между фазами, входящими в состав системы. В природных водах грубодисперсные примеси присутствуют в виде частиц песка, глины и других частиц минерального и органического происхождения, которые смываются с верхнего покрова земли дождями или тальми водами во время весенних и осенних паводков, а также попадают в воду в результате размыва русла рек. К коллоидно-дисперсным примесям относятся примеси с размером частиц от 1 до 100 микрон. Частицы коллоидно-дисперсных примесей состоят из сотен и тысяч молекул и так же, как и грубодисперсные примеси, образуют с водой гетерогенную систему. В природных водах в коллоидно-растворенном состоянии находятся соедине-

ния кремния, алюминия, железа, а также органические вещества, образующиеся в результате распада животных и растительных организмов.

Осветление воды достигается методом коагуляции. Для снижения щелочности воды и частичного её умягчения применяется известкование. Известкование обычно сочетают с коагуляцией. Эти методы обработки воды называются методами осаждения, т.к. вещества удаляются в виде осадка, образование которого достигается введением в обрабатываемую воду специальных реагентов.

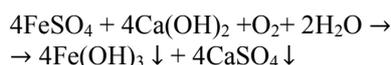
Сущность методов осаждения состоит в связывании катионов накипеобразующих солей Ca^{2+} и Mg^{2+} в труднорастворимые соединения: карбонат кальция – CaCO_3 , гидрат окиси магния – $\text{Mg}(\text{OH})_2$, фосфаты кальция – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и магния – $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, которые выделяются из обрабатываемой воды в виде осадка.

В процессе коагуляции происходит укрупнение коллоидных частиц, завершающейся выпадением вещества в осадок.

В смеси различных коллоидных и грубо-дисперсных веществ достаточно, чтобы частицы одного вещества оказались неустойчивыми, и вся система начала коагулировать. В воде при её химической обработке таким неустойчивым компонентом является гидроокись железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$,

образующаяся в результате гидролиза коагулянта. Взвешенные частицы соединяются не непосредственно, а с помощью гидроокиси железа, частицы которого сорбируются на поверхности взвешенных частиц и одновременно образуют как бы «клеевые мостики», связывающие взвесь в достаточно крупные и тяжелые хлопья, осаждающиеся с приемлемой скоростью.

Процесс коагуляции проводится совместно с известкованием, поэтому реакция образования гидроокиси железа реализуется по схеме:



Интенсивность процесса коагуляции и полнота его завершения зависят от следующих факторов:

а) значения pH среды, в которой протекает процесс: сернокислородное железо FeSO_4 коагулирует эффективно только при высоких значениях pH (порядка 8-10), что является причиной применения его для коагуляции воды совместно с известкованием;

б) температура воды: наиболее эффективно процесс коагуляции протекает при температуре 30-40°C;

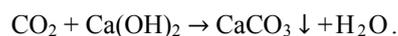
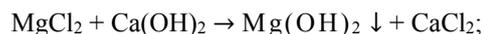
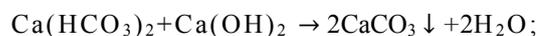
в) дозы коагулянта: для успешного протекания процесса коагуляции необходимо вводить коагулянт в строго определенном количестве. Оптимальная концентрация коагулянта выражается в мг-экв/л и называется дозой коагулянта. Доза коагулянта должна быть достаточной:

- для снижения окисляемости воды, т.е. удаления органических примесей;
- для образования однородности взвешиваемого в воде осадка;
- для того чтобы кристаллизация образующихся веществ проходила глубоко и в результате была

достаточно снижена щелочность и получена стабильная вода.

Известкование воды. Известкование производится с целью снижения щелочности и жёсткости исходной воды и удаления из неё свободной углекислоты.

В молекулярной форме реакции, протекающие при известковании, могут быть выражены следующими уравнениями:



На весь процесс известкования в целом большое влияние оказывают щелочность и жесткость исходной воды, температура и присутствие некоторых коллоидно-дисперсных веществ. На практике чем меньше жесткость исходной воды, тем осаждение взвеси происходит медленнее.

Доза известки, которую необходимо расходовать при известковании на единицу объема обрабатываемой воды, должна обеспечить достаточное снижение щелочности воды и достижение её стабильности. При эксплуатации осветлителя подачу известкового молока регулируют по величине избыточной гидратной щелочности (0,05 - 0,2 мг-экв/л) и величине pH (10,1-10,3).

В процессе известкования и коагуляции, кроме указанных процессов, происходит частичное удаление кремниевой кислоты, концентрация которой снижается на 30-40%.

Таким образом, с предочистки сбрасываются нетоксичные осадки - карбонат кальция, гидроксид железа и алюминия, органические вещества, глинистые частицы. Образующийся по вышеуказанной схеме шлам - это серьезная проблема для каждой ТЭЦ. Сбрасывать шлам в канализацию или просто в реку нельзя, в народном хозяйстве не находит применения. Шлам, хранящийся в отвале, создает проблему экологического и экономического характера. Поэтому решение проблемы утилизации и рационального использования данного вида отходов приведёт к сбережению природных ресурсов и значительному уменьшению загрязнения окружающей среды.

Литература:

1. Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С. Топливо-энергетический баланс Казахстана (научно-технический прогноз). - Алма-Ата: «Наука», 1979. - 223 с.
2. ТУ 12.21-086-92. Угли Экибастузского бассейна для пылевидного сжигания.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубровского и т.д. - М.: Энергия, 1973. - 223с.
4. Кузнецова А.А., Милованова В.С., Цыбульская Т.Т., Сидельникова О.А. Отчет по теме: Составление справочно-информационного атласа углей Экибастузского бассейна. - Караганда, 1992.

5. Гордеев С.В., Иванов А.Г. и т.д. Выбор температуры горячего воздуха и аэросмеси при сжигании экибастузского угля.// Теплоэнергетика, 1975. X°8. -С.54-56.
6. Резняков А.Б., Робман Д.С., Чурсина Н.Я. Учет минеральной части топлива при выборе котельного оборудования для многозольных углей. - Алматы,1971.
7. Энергетическое топливо СССР: (ископаемые Э 65 угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий газ). Справочник / Матвеева И.И., Новицкий Н.В., Вдовченко В.С. и др. -М.: Энергия, 1979. - 128с.

Рецензент: к.т.н. Бейшекеев К.К.
