

Электромеханика и машиностроение

Electromechanics and mechanical engineering

УДК 622.33

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

А.В.ЛИМАНСКИЙ, канд. техн. наук, директор Центра по экологии горного производства,
av.limanskiy@gmail.com

ОАО «Национальный научный центр горного производства – Институт горного дела им. А.А. Скочинского», Москва, Россия

М.А.ВАСИЛЬЕВА, канд. техн. наук, ассистент, *saturn.sun@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевоий университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время в сфере энергосбережения и энергетической эффективности существует три основополагающих базовых документа: «Энергетическая стратегия на период до 2030 г.», Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», «Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 г.».

В последние годы также все более явной становится тенденция роста использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). До последнего времени в развитии энергетики прослеживалась четкая закономерность: развитие получали те направления энергетики, которые обеспечивали достаточно быстрый, прямой экономический эффект. Связанные с этими направлениями социальные и экологические последствия рассматривались лишь как сопутствующие, и их роль в принятии решений была незначительной. При таком подходе ВИЭ рассматривались лишь как энергоресурсы будущего, когда будут исчерпаны традиционные источники энергии или их добыча станет чрезвычайно дорогой и трудоемкой. Импульсом для интенсивного развития ВИЭ впервые стали не перспективные экономические выкладки, а общественное давление, основанное на экологических требованиях. Экономический потенциал возобновляемых источников энергии в мире в настоящее время оценивается в 20 млрд т у.т. в год, что в два раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива. И это обстоятельство указывает путь развития энергетики ближайшего будущего.

В статье на основании законодательства Российской Федерации рассмотрены возобновляемые источники энергии в угольной промышленности, а также опыт и перспективы использования шахтных вод и горящих породных отвалов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, метан угольных пластов, низкопотенциальное тепло, шахтные воды, горящий породный отвал.

Развитие возобновляемой энергетики является одним из приоритетов устойчивого развития ТЭК России, продекларированном в важнейших стратегических документах и программах [1, 3, 5, 7, 8].

Понятие «новые и возобновляемые источники энергии» введено в соответствии с резолюцией 33/148 (1978 г.) Генеральной Ассамблеи ООН и связано «с областью таких новых и возобновляемых источников энергии, как солнечная, геотермальная, энергия ветра, энергия света, энергия приливов и отливов, энергия волн и термального градиента моря,

энергия преобразования биомассы, энергия, получаемая за счет сжигания топливной древесины, древесного угля, торфа, горючих сланцев, битуминозных песчаников, энергия использования тяглового скота и гидроэнергия».

В России понятие «возобновляемые источники энергии» дано в ст.3 Федерального закона от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 06.11.2013) «Об электроэнергетике», согласно которому возобновляемые источники энергии – это «энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках».

К числу возобновляемых источников энергии в угольной промышленности относятся, прежде всего, низкопотенциальное тепло шахтных вод, бытовых стоков и исходящей вентиляционной струи, а также химическая энергия метана, в том числе в исходящей вентиляционной струе. Безусловно, самым эффективным возобновляемым источником энергии является метан угольных пластов, использование которого сегодня рассматривается как возможный альтернативный энергетический ресурс [4, 6]. В настоящей статье рассмотрен опыт и перспективы использования шахтных вод и углепородных отвалов.

Шахтные воды по общепринятой классификации относятся к особому типу производственных сточных вод, и, в отличие от природных, характеризуются более сложным химическим составом и широкими диапазонами колебаний концентраций основных загрязняющих компонентов во времени [2]. Шахтные воды отличаются экстремально высоким содержанием взвешенных веществ, железа, тяжелых металлов, минеральных солей, солей жесткости, в ряде случаев повышенной кислотностью. Из металлов-загрязнителей опасность представляют тяжелые металлы, которые включаются в природный оборот веществ, накапливаются в почве, воде и растениях. Особую опасность для человека представляют металлы: ртуть, свинец, хром, мышьяк, селен и др., которые относятся к канцерогенам, улавливание и утилизация которых является большой проблемой.

Подземные воды проходят длинный путь по трещинам и порам горных пород, при этом они обогащаются различными веществами, которые находятся во взвешенном, коллоидальном или растворенном состоянии. Их объемный вес при температуре 15 °С больше объемного веса чистой воды и колеблется в пределах от 1015 до 1025 кг/м³. В коллоидальном состоянии в шахтной воде встречаются, главным образом, диоксид кремния, глинозем и оксид железа, а также органические вещества. Газы в воде находятся в растворенном состоянии или в виде пузырьков, основными из которых являются кислород, диоксид углерода, азот, метан, сероводород, водород и др.

Кроме этого, для Восточного Донбасса характерны высоко минерализованные шахтные воды, которые отличаются высоким содержанием взвешенных веществ, железа, тяжелых металлов (включая свинец, ртуть, медь, кадмий, кобальт и др.), минеральных солей, солей жесткости, в ряде случаев повышенной кислотностью.

Негативное воздействие шахтных вод на окружающую среду проявляется в затоплении горных выработок действующих шахт, подтоплении жилых, производственных зданий, сооружений и территорий, заболачивании сельскохозяйственных земель, нарушении экологического состояния водных объектов, сокращении запасов и загрязнении питьевых источников водоснабжения. Сброс шахтных вод оказывает пагубное воздействие на флору и фауну

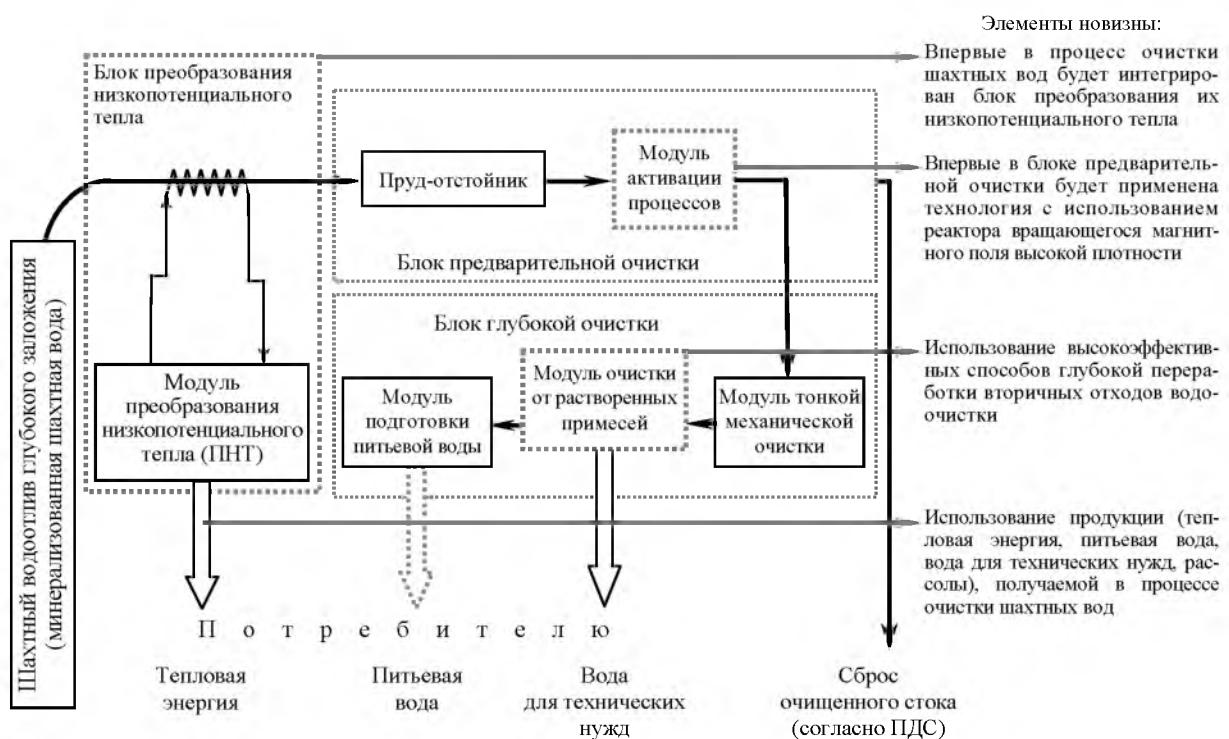


Рис.1. Схема комплексной переработки шахтных вод

водоемов не только по фактору химического загрязнения, но и физического (теплового) воздействия. Откачиваемые на дневную поверхность шахтные воды являются источником низкопотенциального тепла (среднегодовая температура находится в пределах от 7 до 18 °C), проблему утилизации которого целесообразно решать в комплексе с реализацией мероприятий по их очистке [9, 10]. Эффективное использование утилизированной тепловой энергии шахтных вод позволит предотвратить их дальнейшее негативное тепловое воздействие на окружающую среду и получить эффект, связанный с экономией энергоресурсов.

В настоящее время технология утилизации низкопотенциальной энергии шахтных вод успешно внедряется в г. Новошахтинске Ростовской области [12]. За год эксплуатации созданного энергокомплекса исключено накопление в атмосфере более 39 т вредных выбросов, сохранено более 2,5 тыс.т атмосферного кислорода, предотвращено излучение сброшенного тепла более 7 тыс. Гкал.

На наш взгляд, более перспективной является схема комплексной переработки шахтных вод, разработанная ОАО «Национальный научный центр горного производства – Институт горного дела им. А.А. Скочинского» (рис.1). Технология состоит из трех основных технологических процессов:

- утилизация и преобразование низкопотенциального тепла шахтных вод;
- предварительная очистка всего объема откачиваемых шахтных вод (с учетом производительности шахтного водоотлива) до норм ПДС, предъявляемых к шахтному водоотливу;
- дополнительная глубокая очистка небольшого объема шахтных вод (с учетом количества водопотребителей) до питьевого качества или качества технической воды.

Данные технологические операции могут выполняться как в комплексе, так и по отдельности. Технология очистки шахтных вод (в том числе кислых) с использованием реактора вращающегося магнитного поля [13] позволяет на выходе получить продукцию (тепловая энергия, питьевая вода, вода для технических нужд), содержащую различные металлы, вплоть до редкоземельных.

Технология комплексной переработки минерализованных шахтных вод может иметь хорошие перспективы для широкого внедрения на горных отводах ликвидированных (с продолжающимся после закрытия изливом шахтных вод) угольных шахт Восточного Донбасса, Уральского горно-промышленного региона (Кизеловский, Челябинский, Южно-Уральский бассейн) и Кузнецкого бассейна, а также на горнодобывающих предприятиях других отраслей промышленности, производственная деятельность которых сопровождается образованием шахтных и производственных сточных вод с повышенной минерализацией (более 1 г/дм³).

В результате реализации комплексной технологии переработки шахтных вод при гарантированном устраниении негативных последствий шахтной воды на окружающую природную среду можно получить тепловую энергию, воду для технических и питьевых нужд, ценные компоненты отходов водоочистки (в зависимости от качества исходной воды – пигменты для лакокрасочного производства, сырье для тяжелой, строительной и другой промышленности).

Углепородные отвалы занимают значительные земельные площади и являются источниками негативного воздействия на окружающую природную среду региона – атмосферу, почву, поверхностные и подземные воды.

Известно, что в глубине горящего углепородного отвала температура может достигать 1000 °С и более, а процесс горения может длиться десятки лет.

Учитывая большое количество горящих породных отвалов и высокую стоимость тушения каждого из них, считаем, что некоторые отвалы целесообразно не тушить до конца, а минимизировав их негативное влияние на окружающую природную среду, переводить в режим контролируемого горения по принципу технологии подземной газификации угольных пластов. Это позволит использовать тепловую энергию углепородного отвала для различных целей – отопления, производства электроэнергии и др. (тепловая мощность, содержащаяся в отвале, достигает $5\text{--}8 \cdot 10^{10}$ ккал на 100 тыс. м³ отвальной массы). Схема возможного использования тепла горящего породного отвала в процессе затухания очага горения (с тепловым насосом) представлена на рис.2.

Однако эта инновационная технология требует серьезной научной проработки. Так, например, в процессе внедрения технологии контролируемого горения террикона должен вестись мониторинг очага горения. Существующие способы такой контроль обеспечить не могут, так как бурение наблюдательных шпуров и скважин приведет к изменению вентиляционного режима в районе очага горения. Кроме того, бурение в очаге горения – сложный и не всегда осуществимый процесс, связанный с высокими затратами. ИГД им. А.А.Скочинского опробовал технологию дистанционного зондирования очага горения. На рис.3 показана радарограмма по профилю № 1, пройденному по очагу горения в районе расположения наблюдательной скважины. Следует отметить, что температурные данные,

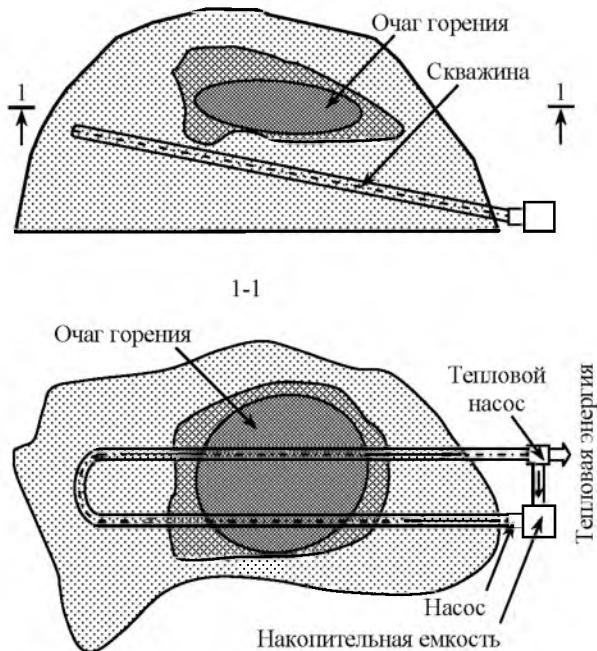


Рис.2. Схема использования тепла горящего породного отвала

Радарограмма по профилю № 1

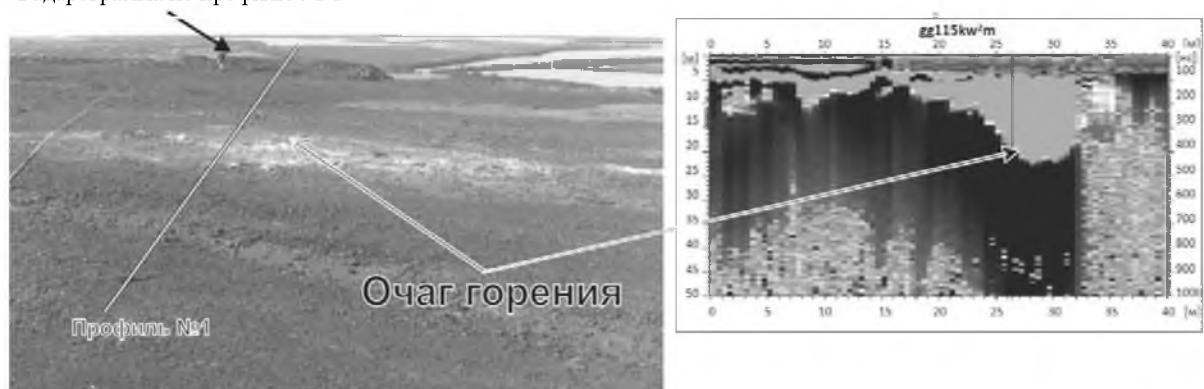


Рис.3. Обследование очага горения георадиолокационным методом дистанционного зондирования

полученные по результатам наблюдений по скважине, коррелируют с данными радарограммы. В результате использования данной технологии была получена 3D-модель очага горения.

Внедрение технологии использования тепла горящего породного отвала позволит за сравнительно короткое время не только ускорить процесс горения, но и снизить объемы вредных выбросов в связи с повышением интенсивности поступления окислителя в зону горения. При этом будет получено тепло, которое может быть эффективно использовано на различные цели [11].

Выводы

1. В соответствии с законодательством Российской Федерации к возобновляемым источникам энергии в угольной промышленности относится низкопотенциальное тепло шахтных вод, исходящей вентиляционной струи, а также химическая энергия метана.
2. Возобновляемые источники энергии в угольной промышленности на сегодняшний день практически не используются. Единичные примеры их использования показывали высокую эффективность и потенциал для дальнейшего внедрения.
3. Широкое внедрение технологий использования возобновляемых источников энергии в угольной отрасли позволит получить не только экономический эффект от тепла, электроэнергии, воды для технических и питьевых нужд и др., но и существенно сократить негативное воздействие угольной промышленности на окружающую природную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 г.: Утв. распоряжением Правительства РФ от 24.01. 2012. № 14-р. Министерство энергетики РФ. Режим доступа http://minenergo.gov.ru/press/most_important/0628.html
2. Каплунов Ю.В. Анализ состояния проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов в условиях реструктуризации угольной отрасли / Ю.В.Каплунов, А.В.Лиманский, Н.Н.Гусев // Мониторинг. Наука и технологии. 2011. № 1 (6). С.27-33.
3. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.: Утв. распоряжением Правительства РФ от 17.11. 2008. № 1662-р. Информационно-аналитические материалы Государственной Думы // Аналитический вестник «Актуальные проблемы формирования системы национальной и региональной безопасности». № 12. М., 2009. Режим доступа <http://iam.duma.gov.ru/node/8/4590/contents>

4. Кущин M.A. Инновационное развитие угольной промышленности: Международная конференция «Экология. Природопользование. Экономика» // Научный вестник МГТУ. 2013. № 12 (45). С.88-92.
5. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.: Утв. Президентом ФР 30.04 2012 г. Информационный интернет-портал Президента России. Режим доступа <http://kremlin.ru/acts/15177>
6. Плакиткина Л.С. Интенсификация инновационного процесса в угольной промышленности России // Горная промышленность. 2011. № 3 (97). С.4-11.
7. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.: Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, Министерство энергетики РФ. Режим доступа <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy>
8. Федеральный закон РФ от 23.11.2009. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Министерство экономического развития РФ. Режим доступа <http://www.economy.gov.ru/minec/documents/doc1259754338763>
9. Vahrenholt F. Prospects for market growth make offshore generation a technology with potential // Power Perspectives 2006. RWE Power, Essen, Germany, 2006. P.78-79.
10. Massachusetts Institute of Technology (MIT) // The Future of Coal – options for a carbon-constrained world, MIT, Cambridge, MA, 2007. P.192.
11. World Coal Institute (WCI) // The Role of Coal as an Energy Source. WCI, London. 2003. 42 p.
12. http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?id=191
13. <http://ntp-aviatest.tiu.ru/a67221-voda-dolzhna-byt.html>

REFERENCES

1. Dolgosrochnaja programma razvitiya ugor'noj promyshlennosti Rossii na period do 2030g. (*Long-term program of development of coal industry of Russia for the period till 2030*): Utv. rasporjazheniem Pravitel'stva RF ot 24.01. 2012. N 14-r. Ministerstvo jenergetiki RF. Rezhim dostupa http://minenergo.gov.ru/press/most_important/0628.html
2. Kaplinov Ju.V., Limanskij A.V., Gusev N.N. Analiz sostojanija problemy ohrany i racionall'nogo ispol'zovaniija vodnyh resursov v uslovijah restrukturizacii ugor'noj otrassli (*Analysis of the problem of protection and rational use of water resources in terms of restructuring the coal industry*). Monitoring. Nauka i tehnologii. 2011. N 1 (6), p.27-33.
3. Koncepcija dolgosrochnogo social'no-jekonomiceskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 g. (*The concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period till 2020*): Utv. rasporjazheniem Pravitel'stva RF ot 17.11. 2008. N 1662-r. Informacionno-analiticheskie materialy Gosudarstvennoj Dumy. Analiticheskij vestnik «Aktual'nye problemy formirovaniya sistemy nacional'noj i regional'noj bezopasnosti». N 12. Moscow, 2009. Rezhim dostupa <http://iam.duma.gov.ru/node/8/4590/contents>
4. Kushnir M.A. Innovacionnoe razvitiye ugor'noj promyshlennosti (*Innovative development of the coal industry*): Mezhdunarodnaja konferencija «Jekologija. Prirodopol'zovanie. Jekonomika». Nauchnyj vestnik MGGU. 2013. N 12 (45), p.88-92.
5. Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti jekologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 g. (*Principles of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period till 2030*): Utv. Prezidentom FR 30.04 2012 g. Informacionnyj internet-portal Prezidenta Rossii. Rezhim dostupa <http://kremlin.ru/acts/15177>
6. Plakitkina L.S. Intensifikacija innovacionnogo processa v ugor'noj promyshlennosti Rossii (*Intensification of the innovation process in the Russian coal industry*). Gornaja promyshlennost'. 2011. N 3 (97), p.4-11.
7. Jenergeticheskaja strategija Rossii na period do 2030 g. (*Russia's Energy Strategy to 2030*): Utv. rasporjazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 13 nojabrja 2009 g. N 1715-r. Ministerstvo jenergetiki RF. Rezhim dostupa <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy>
8. Federal'nyj zakon RF ot 23.11.2009. N 261-FZ «Ob jenergosberezenii i o povyshenii jenergeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» (*RF Federal Law of November 23, 2009 N 261-FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation»*). Ministerstvo jekonomiceskogo razvitiya RF. Rezhim dostupa <http://www.economy.gov.ru/minec/documents/doc1259754338763>
9. Vahrenholt F. Prospects for market growth make offshore generation a technology with potential. Power Perspectives 2006. RWE Power, Essen, Germany, 2006, p.78-79.
10. Massachusetts Institute of Technology (MIT). The Future of Coal – options for a carbon-constrained world, MIT, Cambridge, MA, 2007, p.192.
11. World Coal Institute (WCI). The Role of Coal as an Energy Source. WCI, London. 2003, p.42.
12. http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?id=191
13. <http://ntp-aviatest.tiu.ru/a67221-voda-dolzhna-byt.html>

USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE COAL INDUSTRY

A.V.LIMANSKIY, *PhD in Engineering Sciences, Director of the Center for Ecology of Mining Production, av.limanskiy@gmail.com*

National Scientific Center of Mining Production – Skochinsky Institute of Mining, Moscow, Russia

M.A.VASILYEVA, *PhD in Engineering Sciences, Assistant Lecturer, saturn.sun@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

There are three fundamental basic documents in energy conservation and energy efficiency today: the Energy Strategy in the period up to 2030; the Federal Law «On energy-saving and energy efficiency and in amending particular legislative acts of the Russian Federation»; and the State Energy Conservation and Energy Efficiency Program in the period up to 2020.

In recent years, the upward trend in the use of renewable energy sources (RES) is becoming all the more evident. Until recently, the development of energy has seen a clear pattern: the areas of energy which have developed most are those which have a quite fast direct economic effect. The social and environmental impacts associated with these areas were considered only as incidental, and their role in decision-making was negligible. With this approach, we considered RES only as a future energy source, when traditional energy sources have been exhausted, or when obtaining them becomes extremely expensive and time-consuming. The primary driver behind the intensive development of RES has been public pressure based on environmental concerns, rather than economic calculations about the future. The economic potential of the world's renewable energy is currently estimated at 20 billion tons of oil equivalent per year, which is twice the annual output of all fossil fuels. This fact shows us the path of energy development in the near future.

In this paper, on the basis of the laws of the Russian Federation, renewable energy in the coal industry is considered. We describe the experience and prospects of the use of mine water and burning rock dumps.

Key words: renewable energy, coal bed methane, low-grade heat, the water from the mine, burning rock dump.