© Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, В.В. Экс, 2014

УДК 622.273.2:621:311:2

Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, В.В. Экс

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Определены основные направления развития энергоэффективных технологий на горнодобывающих предприятиях. Проведенные аналогии техногенных источников энергии с природными позволили классифицировать источники энергии по возможности возобновления. Указаны наиболее значимые достижения научно-технического прогресса, позволяющие прямым образом или косвенно восполнять энергетические затраты на горнодобывающих предприятиях. При этом технологии рекуперации энергии разделены в соответствии с классификацией природных и техногенных источников энергии. Даны рекомендации по наиболее эффективному использованию возобновляемых техногенных источников энергии за счет существующих технических и технологических разработок в части энерго- и ресурсосбережения при освоении глубокозалегающих месторождений твердых полезных ископаемых.

Ключевые слова: разработка месторождений твердых полезных ископаемых, энергоэффективность, энергосбережение, возобновляемые источники энергии, невозобновляемые источники энергии, большие глубины.

Ресурсосбережение при разработке месторождений твердых полезных ископаемых на больших глубинах достигается путем рационального и комплексного использования ресурсов недр, устранения потерь при добыче, транспортировке и хранении минерального сырья, сокращения отходов при переработке, вовлечения в хозяйственный оборот вторичных ресурсов и попутных продуктов путем улавливания ценных продуктов из отходящих газов и водных стоков, утилизации отходов и использование техногенных источников энергии. Энергосбережение обеспечивается путем снижения энергозатрат на добычу единицы продукции, использования техногенных источников энергии, оптимизации планирования производственно-технических схем предприятия, совершенствования схем механизации и автоматизации производства, повышения КПД оборудования.

Понятия энергосбережения и ресурсосбережения неразрывно связаны с рациональным использованием невозобновляемых природных и техногенных источников энергии и переходом на использование возобновляемых источников. Реализация этого положения влечет значительное сбережение природных невозобновляемых ресурсов для обеспечения постоянно растущих потребностей общества в энергии.

Природные источники энергии формируются под действием природных сил независимо от воздействия человека. Энергия образуется при сжигании или ином технологическом преобразовании топливно-энергетиче-

Классификация источников энергии по происхождению

Происхождение	Возможность возобновления	Признаки	Источники энергии	Научно-технические решения по преобразованию
Природные	возобновляемые	целенаправленное использование природных сил для получения энергии (тепловой, электрической, механической); человек использует научно-технические разработки для преобразования природных сил; в масштабах человечества имеют нескончаемый ресурс.	солнце, ветер, реки, волны, приливы, тепло недр	солнечные электростанции; ветрогенераторные электростанции; гидроэлектростанции; волновые электростанции; приливные электростанции; геотермальные электростанции.
	невозобновляемые	целенаправленное использование природных ресурсов для получения энергии; человек использует научно-технические разработки для преобразования природных ресурсов; в масштабах человечества могут закончиться в обозримом будущем.	торф, уран, уголь, нефть, газ, сланцы	теплоэлектростанции; атомные электростанции.
Техногенные	возобновляемые	изначально не являются целью деятельности, возникли попутно при создании человеком необходимых условий; человек использует научно-технические разработки для преобразования; могут быть возобновлены человеком при создании им необходимых условий.	падающая жидкость, горное давление, тепло горных пород, отрицательные температуры вечномерзлых пород	преобразование энергии падающей жидкости; преобразование энергии давления столба жидкости; преобразование энергии горного давления; преобразование потенциальной энергии самоходного оборудования; преобразование и/или использование положительных и отрицательных температур горных пород.
	невозобновляемые	изначально не являются целью деятельности, возникли попутно при создании человеком необходимых условий; человек использует научно-технические разработки для преобразования; не могут быть возобновлены человеком, так как напрямую зависят от наличия природных невозобновляемых ресурсов.	отходы переработки минерально-сырьевых энергетических ресурсов, шахтный метан	заводы по комплексной переработке отходов обогащения угля; установки по улавливанию шахтного метана.

ских минерально-сырьевых ресурсов, органического топлива, использования энергии движущейся воды, ветра, приливов и отливов, солнца, геотермальных источников и т. д. Часть этой энергии является невозобновляемой: это энергия топливно-энергитических ресурсов, а остальная – возобновляемой.

Техногенные источники энергии формируются в результате деятельности человека. Ее источниками являются техногенное минеральное сырье, потенциальная энергия машин и механизмов, энергия движущихся техногенных масс. По аналогии с природной, часть этой энергии является возобновляемой, а часть носит невозобновляемый характер (таблица).

Вовлечение возобновляемых источников энергии природного и техногенного происхождения в производство возможно благодаря техническому прогрессу. Использование техногенных возобновляемых источников энергии: систем рекуперации энергии, кинетической энергии падающей жидкости, статической энергии давящего столба закладочной или гидравлической смеси, жидкости, потенциальной энергии транспорта, формирующейся под воздействием силы тяжести, энергии горного давления, – становится возможным в результате деятельности человека.

Возобновляемая природная энергия – ветровая, волновая, приливов и отливов, тепла земли, солнца и т.п. по отношению к человеку, по существу, не является возобновляемой, а является возобновляющейся, так как процесс возобновления происходит без участия человека. Его деятельность направлена лишь на создание путей и механизмов использования этой возобновляющейся энергии. При использовании многих природных или техногенных источников энергии, естественно, полезно используется лишь ее часть, остальная – рассеивается в пространстве [1]. Поэтому при любой производственной деятельности весьма важно эффективно и рационально использовать природные источники энергии и создавать и использовать техногенные.

Решение вопросов энергоэффективности и ресурсосбережения особенно актуально при освоении месторождений твердых полезных ископаемых на больших глубинах, т.к. затраты всех видов ресурсов значительно растут с глубиной разработки, что влечет увеличение себестоимости добываемой руды. Наиболее затратными статьями в структуре себестоимости добычи руды становятся: расходы на процессы управления состоянием массива, которые на больших глубинах связаны, как правило, с закладкой выработанного пространства, процессы доставки и подъема горной массы на поверхность. Снижение себестоимости этих процессов возможно за счет совершенствования механизации горных работ, а также за счет применения энерго- и ресурсосберегающих технических и технологических решений, которые на больших глубинах приобретают особую значимость.

На основании анализа мирового опыта использования энергосберегающих систем и собственных исследований, разработаны основные направления по достижению значимого энерго – и ресурсосберегающего эффекта при разработке месторождений твердых полезных ископаемых на больших глубинах, заключающихся в следующем:

1. В первую очередь рекомендуется сократить долю использования невозобновляемых природных источников энергии и ресурсов: топливно-энергетических минеральные-сырьевых ресурсов, за счет использования возобновляемых природных, невозобновляемых техногенных и возоб-

новляемых техногенных источников энергии, а также, внедрении современных технических, технологических и конструктивных разработок, систем планирования и автоматизации работ машин и механизмов, оптимизации расхода электроэнергии и предупреждению пиковых нагрузок на электросеть. Для этого рекомендуется:

• перейти на применение на больших глубинах мобильных закладочных комплексов, располагаемых в непосредственной близости от очистных забоев, что обеспечит снижение затрат на подъем и транспорт горной массы на 15–25%;

• размещать обогатительные фабрики в выработанном пространстве рудника, как можно ближе к очистным забоям. Это позволит снизить затраты на подъем и транспорт руды на 15–25%. При этом обогащение руд на подземной обогатительной фабрике целесообразно производить по высотной схеме, что обеспечит самотечный транспорт сырья и пульпы, при этом сокращаются строительные объемы на 30–40% по сравнению с наземным вариантом;

• использовать на концентрационных горизонтах сепарационные установки, что уменьшит объем выдаваемой горной массы на поверхность и снизит нагрузку на подъемные машины. Просыпь сепарации возможно вовлечь в переработку физико-химической геотехнологией или направить на подземные закладочные комплексы;

• вовлекать в разработку техногенные и природно-техногенные источники сырья: отвалы бедных руд, хвосты обогащения, подотвальные воды, локальные и отдаленные рудные залежи. При этом полностью или частично отпадает необходимость от строительства сооружений для их хранения;

• использовать отходы горного производства в составе закладочных смесей для сокращения длины их транспортировки на 30–50%, что удешевляет закладочные работы на 15–20%. При этом за счет снижения расслаиваемости закладочных смесей сохраняются их прочностные свойства;

• эксплуатировать современные водоочистительные станции для замкнутого цикла воды на предприятии, что дает возможность обеспечить шахту технологической водой на 90%;

• использовать самоходное оборудование на электродвигателях, с установкой на них тормозных систем с рекуперацией энергии, что позволит повысить эффективность эксплуатации тяжелого оборудования для горно-проходческих и очистных работ;

• оснастить приводы стационарных подъемных машин системами рекуперации энергии и соответствующей автоматикой, что позволит сократить энергопотребление до 40%;

• совершенствовать и внедрять автоматизированные системы планирования по расходу электроэнергии и предупреждению пиковых нагрузок на электросеть.

2. Целесообразно использовать возобновляемые природные источники энергии: солнца, ветра, морской волны, приливов и отливов, геотермальных источников при благоприятном географическом расположении и наличии климатических предпосылок. В зависимости от источника и количества получаемой электроэнергии ее может быть достаточно для отопления, освещения и других технических нужд горного предприятия. В ряде случаев это дает возможность обеспечивать предприятие электроэнергией на 75%.

3. Весьма перспективно использование невозобновляемых техногенных источников энергии, таких как отходы угольной промышленности, необходимо своевременно вовлекать их в переработку, что позволит уве-

личить объем получаемых топливно-энергетических ресурсов и избежать значительного накопления отходов на поверхности.

4. Доказано, что наиболее перспективным направлением в части энерго- и ресурсосбережения при разработке глубокозалегающих месторождений твердых полезных ископаемых является эффективное использование возобновляемых техногенных источников энергии. Перспективными технологическими решениями для развития данного направления являются:

• сгущение хвостов обогащения руд и подача сгущенной пульпы в выработанное пространство карьера или подземного рудника с рекуперацией энергии падающих масс, преобразованием и использованием для технических нужд горного предприятия. Кинетическая энергия при свободном падении пульпы в карьер или статическое давление столба закладочной смеси в вертикальном ставе используется на перемещение смеси до заданных отметок, либо гасится и преобразуется в электрическую энергию, возвращаемую в шахтную сеть. Благодаря специализированным системам рекуперации энергии, энергия потока пульпы преобразовывается в электрическую. Количество получаемой энергии пропорционально перепаду высотных отметок и массе подаваемой в шахту пульпы. Поэтому с ростом глубины горных работ эффективность таких технологий повышается;

• использование горного давления, которое с увеличением глубины горных работ существенно растет, для преобразования в иной вид энергии, потребляемой подземным рудником;

• использование погрузо-доставочного шахтного оборудования в качестве источника электрической энергии. Для этого в шахте рядом с погрузо-разгрузочными пунктами устанавливаются специальные платформы, на которые заезжает самоходная техника. Под действием силы тяжести и с помощью систем преобразования энергии потенциальная энергия шахтного оборудования преобразовывается в электрическую;

• аккумулирование тепла горных пород глубоких горизонтов с помощью специальных теплообменников и теплоносителей для обогрева технологических и иных помещений.

Перечень подобных примеров может быть расширен. Важно отметить, что с увеличением глубины горных работ растут возможности по созданию и полезному использованию возобновляемых источников энергии. Это является существенным резервом снижения энергопотребления подземного рудника и роста энергоэффективности добычи руды на глубоких горизонтах месторождений твердых полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каплунов Д.Р., Лейзерович С.Г., Томаев В.К.* Энерговоспроизводство при подземных закладочных работах // Горный журнал, 2013, № 4, С. 62–66. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Каплунов Давид Родионович – член-корреспондент РАН, заведующий отделом, e-mail: info@ipkonran.ru,
Рыльникова Марина Владимировна – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: rylnikova@mail.ru,
Экс Владислав Вячеславович – младший научный сотрудник, e-mail: eksvlv@mail.ru,
ИПКОН РАН.

UDC 622.273.2:621:311:2

MAIN DIRECTIONS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY SAFE DEEP MINING

Kaplunov D.R., Corresponding Member of RAS, Head of Department,
e-mail: info@ipkonran.ru,
Rylnikova M.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher,
e-mail: rylnikova@mail.ru,
Eks V.V., Junior Researcher, e-mail: eksvlv@mail.ru,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences.

The author specifies trends of the energy-efficient technologies in the mining industry. By the comparison of the industrial and natural sources of energy, the energy sources are classified with respect to renewability. The article highlights the most significant scientific-and-technological advances that allow direct or indirect replenishment of energy in the mining industry. The technologies of recuperation of energy are grouped in accord with the classification of natural and industrial energy sources. The author advises on the most efficient utilization of the industrial renewable energy sources by using available energy-saving and resource-saving methods and means in deep-level hard mineral mining.

Key words: development of deposits of solid minerals, energy efficiency, energy conservation, renewable energy, non-renewable energy sources, deep mining.

REFERENCES

1. Kaplunov D.R., Lejzerovich S.G., Tomaev V.K. *Gornyj zhurnal*, 2013, no 4, pp. 62–66.

«ГОРНАЯ КНИГА» НА ВЫСТАВКЕ MININGWORLD-2014



Новинки «Горной книги» живьем