

IV классу минерального сырья (Аэфф. > 4000Бк/кг). Следовательно, без предварительной дезактивации исследуемых концентратов их дальнейшая гидрометаллургическая переработка с получением цирконового концентрата не целесообразна, т.к. при их переработке будет происходить концентрирование радионуклидов в продуктах переработки.

Не менее значимой проблемой является утилизация радиоактивных отходов переработки руд, поэтому принципиальное значение имеет оценка распределения радионуклидов в продуктах гидрометаллургического передела концентратов Алгаминского месторождения.

Авторы признательны своим коллегам — доктору геолого-минералогических наук Дубинчуку В.Т., кандидатам геолого-минералогических наук Куликовой И.М., Григорьевой А.В., Ружицкому В.В., кандидату технических наук Лихникевич Е.Г., а также Набелкину О.А. и Шуваловой Ю.Н. за экспериментальные исследования руд и обсуждение полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасаров Ю.А. Ингилийско-Алгаминский узел Восточного Алдана // Отечественная геология. — 1994. — № 1. — С. 18–28.
2. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Левченко Е.Н. и др. Цирконий и гафний России: современное состояние, освоение и развитие минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. — М.: ВИМС. — 2007. — № 23. — 127 с.
3. Коленкова М.А., Шуменко В.И., Дорохина М.Н., Сафуанова Н.А. Новое отечественное циркониевое сырье и способы его переработки / ЦНИИцветмет экономики и информации. — М., 1980. — Вып. 2. — 48 с.
4. Некрасов И.Я., Ананьев В.В. Вольфрамсодержащий бадделейт — новая разновидность оксида циркония // ДАН. — 1990. — Т. 313. — № 4. — С. 947–950.

© Левченко Е.Н., Ожогина Е.Г., 2016

Левченко Елена Николаевна // levchenko@imgre.ru
Ожогина Елена Германовна // vims-ozhogina@mail.ru

УДК 550.622:658.382.3

**Косьянов В.А., Черезов Г.В., Головин С.В.
(МГРИ–РГГРУ)**

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Проведен анализ рассматриваемой группы производственных энергопотребителей — буровых установок разведочного бурения, возможные варианты энергоснабжения, характерные для типовых условий производства работ, рассмотрены как типовые варианты комплексного энергоснабжения геологоразведочных технологических объектов. Установлена прогрессивная зависимость увеличения предельного расстояния подключения буровых установок разведочного бурения к энергоисточникам по варианту энергообеспечения от ПДЭС с теплоутилизационными установками, а также выявлена экономическая эффективность утилизации теплоты дизель-агрегатов энергетических комплексов в интересах теплообеспечения буровых установок при бурении геологоразведочных скважин. **Ключевые слова:** разведочное бурение, буровая установка разведочного бурения, комплексное энергооб-*

сечение, автономное энергоснабжение, энергосбережение, утилизация теплоты, теплоутилизационная установка, технико-экономическое моделирование, критерии оптимизации.

Kosyanov V.A., Cherezov G.V., Golovin S.V. (MGRI — RGGRU)
OPTIMIZATION OF COMPLEX POWER SUPPLY OF GEOLOGICAL AND PROSPECTING WORKS ON THE BASIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC MODELLING

*The analysis of the considered group of production power consumers — drilling rigs of prospecting drilling is carried out, possible options of power supply, characteristic for standard conditions of production of works, are considered as standard options of complex power supply of prospecting technological objects. Progressive dependence of increase in limit distance of connection of drilling rigs of prospecting drilling to power sources by power supply option from mobile diesel power station with warmth utilizer is established. Economic efficiency of utilization of warmth the diesel units of power complexes in interests of heat supply of drilling rigs of prospecting drilling when drilling prospecting wells is also revealed. **Key words:** exploration drilling, boring machine of prospecting drilling, complex power supply, self-dependent power supply, energy saving, warmth conversion, heat recovery unit, technical and economic modeling, criterion of optimization.*

В сложившихся хозяйственно-экономических условиях, когда к перспективам освоения труднодоступных регионов страны приковано повышенное внимание не только специалистов в области геологоразведки, но и экономистов, принимающих активное участие в формировании концепции освоения, технико-экономические аспекты определяют новый подход к вопросам обеспечения геологоразведочных работ необходимыми энергетическими мощностями, учитывающими преимущества применения энергосберегающих технологий при обосновании оптимальной модели энергообеспечения для каждого конкретного случая [9].

Общими особенностями энергообеспечения геологоразведочных работ являются:

удаленность объектов от централизованной энергосети (ЦЭС);

разнообразии как геологических, так и технико-экономических условий проведения работ;

неравномерности плотности территориального распределения потребителей на разведываемых площадях;

сложные транспортные и экстремальные климатические условия: отрицательные среднегодовые температуры, ветровая обстановка, влажность, осадки, значительные теплопотери и т.п.;

скачкообразные изменения объема энергопотребления, зависящие от стадии и сезона производства работ.

Все вышеперечисленные особенности предполагают: использование большого разнообразия возможных вариантов энергообеспечения, значительно различающихся по затратной части;

производство тепловой энергии и электроэнергии на местах;

комплексное решение вопросов электро- и теплообеспечения;

потребность в переходе от одного варианта энергообеспечения к другому в зависимости от масштаба и стадийности проводимых работ.

Главная идея энергосбережения в области геологоразведочных работ — максимально эффективное использование энергетических ресурсов, базирующееся на применении научно-обоснованных и экономически оправданных технических решений.

Поставленная задача решалась по следующим направлениям:

1. Комплексное решение вопросов автономного электро- и теплоснабжения с использованием вторичных энергоресурсов (утилизация теплоты).

2. Техничко-экономическое обоснование преимущества автономного варианта энергообеспечения на основе многофакторного анализа, влияющего на результат оптимизации — достижение заданных параметров.

Если первое направление предусматривает технические решения, неизбежно связанные с определенными расходами, то второе направление не требует дополнительных затрат и основывается на применении современной методики расчетов, обосновывающей выбор автономного варианта комплексного энергообеспечения по комплексу критериев.

С учетом особенностей энергообеспечения технологических объектов при производстве геологоразведочных работ, определяемых типом энергоисточника, характером и объемами потребления тепловой энергии и электроэнергии, становится возможным выделить характерные группы энергопотребителей и основные варианты энергоснабжения.

Геологоразведочные работы на месторождениях твердых полезных ископаемых (ТПИ) обычно включают в себя три основные стадии производства работ: поиски, предварительная и детальная разведка. Потребителями электроэнергии обычно являются передвижные буровые установки с электроприводом. Тепло требуется для обогрева помещений буровых установок и подогрева бурового раствора, частично — для технологических работ. В зависимости от объемов разведочных работ, удаленности от ЦЭС, рассредоточенности потребителей по площади производства работ и некоторых прочих условий могут быть применены следующие варианты энергоснабжения буровых установок:

от централизованной электрической сети (ЦЭС) с трансформацией электроэнергии по линиям электропередач (ЛЭП) и электрообогревом буровых установок;

от стационарной дизельной электростанции (СДЭС) с трансформацией электроэнергии по линиям электропередач (ЛЭП) и печным (или электрическим) отоплением буровых;

от полустационарных групповых дизельных электростанций (ГДЭС) без трансформации энергии и печным отоплением буровых;

от индивидуальных автономных передвижных дизельных электростанций (ПДЭС) с утилизацией теплоты дизель-агрегатов на нужды теплоснабжения буровых.

Основными элементами предложенных вариантов энергообеспечения являются:

госсеть — линия электропередач (с центральной подстанцией) и котельная;

стационарная или полустационарная ДЭС (или газотурбинная электростанция) с трансформацией электроэнергии (или без таковой при компактном размещении) и котельная;

передвижная ДЭС с системой утилизации теплоты дизель-агрегата.

В качестве альтернативы системам с дизельными электростанциями может также рассматриваться энергоустановка, работающая с использованием нетрадиционных энергоисточников — солнечных элементов и ветрогенераторов, а также группы кварцевых обогревателей — инфракрасных, пленочных и т.д. [1–3].

Основными потребителями энергии при производстве геологоразведочных работ на ТПИ являются буровые установки разведочного бурения. Такие буровые установки (исключая самоходные, используемые при поисках) имеют электрический привод и собственные теплогенераторы. При этом в большинстве случаев для обогрева используются отопительные печи, реже — электронагревательные приборы.

Выбор из числа возможных вариантов энергоснабжения зависит от числа энергопотребителей, степени их рассредоточенности по исследуемой площади, расстояния до ЦЭС, наличия и стоимости энергоресурсов, географических и климатических условий, определяющих условия и формирующих стоимость доставки энергоносителей до потребителя, а также перспектив дальнейшего освоения района и прочих факторов, оцениваемых комплексно по минимуму затрат на электро- и теплоснабжение. При этом возможен принципиальный выбор одного из четырех базовых вариантов энергоснабжения (рис. 1).

Вариант I. Энергообеспечение от автономных энергетических комплексов на базе индивидуальных передвижных дизельных электростанций (ПДЭС) (рис. 1а).

Каждая ПДЭС обслуживает только одну буровую установку и, блокируясь с ней, служит одновременно источником как электрической, так и тепловой энергии — комплексным автономным энергоисточником. Это наиболее мобильный вариант, исключающий необходимость в организации линии электропередач (ЛЭП) и позволяющий применять теплоутилизационные установки для полезного использования теплоты дизель-агрегата ДЭС в целях отопления рабочих мест буровиков, подогрева бурового раствора, а также для прочих технологических целей. Однако это влечет дополнительные трудозатраты на обслуживание энергоустановки для буровой бригады или необходимость иметь на каждой буровой дополнительно специальный персонал, но этот вопрос успешно снимается путем внедрения систем автоматической регулировки процессов утилизации теплоты и отопления помещения буровой. Основные эксплуатационные расходы — затраты на закупку и доставку до места проведения работ дизельного топлива [4].

Капиталовложения (*Capital Expenditure, CapEx* — средства, используемые для приобретения и/или модернизации физических активов) при этом варианте включают в себя затраты на дизельные электростанции и теплоутилизаторы.

Эксплуатационные расходы (*Operating Expenses, OpEx* — затраты и платежи, связанные с проведением

за определенный период времени финансовых, производственных и хозяйственных операций, необходимых для поддержания рабочего состояния основных средств в течение всего намеченного срока службы) при этом варианте связаны с расходами топлива для ДЭС, обслуживанием и ремонтом энергоустановок.

Наиболее благоприятными условиями для применения данного варианта является предварительная разведка при значительной рассредоточенности энергопотребителей, т.е. при широкой сетке скважин. При этом возможность утилизации вторичных энергоресурсов (теплоты дизель-агрегата) позволяет существенно расширить области использования этого варианта энергообеспечения.

Вариант II. Энергоснабжение от полустационарных групповых дизельных электростанций (ГДЭС) (рис. 1б).

Конфигурация — групповое присоединение к ГДЭС до 4 буровых установок без трансформации электроэнергии на расстояние разумных допустимых потерь мощности и напряжения. По окончании бурения на отведенной площади энергоустановка передислоцируется в центр следующего разведываемого участка для равноудаленного подключения к потребителям.

При этом варианте снижаются удельные расходы топлива для каждой из присоединенных к источнику бур-

овых установок и затраты на обслуживание энергоустановки относительно группы энергопотребителей, но возникает необходимость в сооружении распределительных линий электропередач (ЛЭП), появляются потери энергии в этих линиях. Обогрев буровых за счет утилизации теплоты дизель-агрегата ДЭС исключается, что вынуждает использовать печи или электрообогрев, создающий дополнительную нежелательную нагрузку на электростанцию. Капиталовложения при этом варианте включают затраты на ДЭС и печи, а основные эксплуатационные издержки — на топливо (в том числе печное), строительство и обслуживание распределительных ЛЭП, потери в ЛЭП, ремонтные работы.

Вариант III. Электроснабжение от стационарной дизельной электростанции (СДЭС) с трансформацией электроэнергии (рис. 1в).

Отличается от предыдущего варианта тем, что дизельная электростанция не перемещается в течение всего срока проведения работ. Для этого варианта энергообеспечения появляется необходимость организации, помимо распределительных, еще и магистральных ЛЭП, а также повышающих и понижающих трансформаторных подстанций, позволяющих обеспечить подвод высокого напряжения непосредственно к буровым установкам, что существенно снижает потери электро-

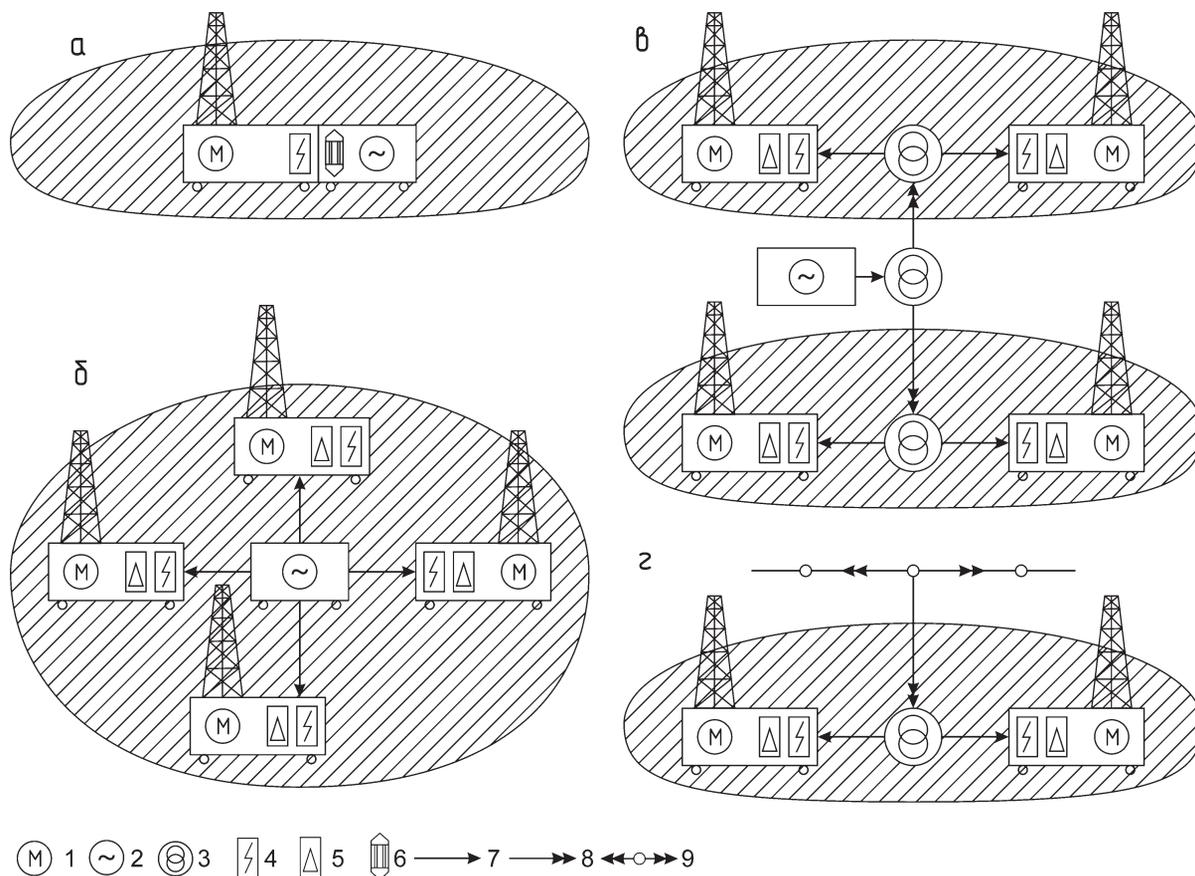


Рис. 1. Базовые варианты энергообеспечения буровых установок разведочного бурения: а — от автономных энергетических комплексов на базе индивидуальных передвижных дизельных электростанций (ПДЭС); б — от полустационарных групповых дизельных электростанций (ГДЭС); в — от стационарной дизельной электростанции (СДЭС) с трансформацией электроэнергии; г — централизованное от линии ЦЭС; 1 — электрическая машина (буровой станок); 2 — дизельная электростанция (ДЭС); 3 — трансформаторная подстанция; 4 — теплоэлектронагреватель; 5 — печь; 6 — теплоутилизатор; 7 — низковольтная ЛЭП; 8 — высоковольтная ЛЭП; 9 — опора ЛЭП

энергии при передаче. Обогрев осуществляется посредством применения печей или электрообогревателей.

Капиталовложения по этому варианту включают затраты на ДЭС, повышающие и понижающие подстанции, магистральные ЛЭП и теплогенераторы, а эксплуатационные расходы — на топливо для ДЭС и печей, обслуживание ДЭС, подстанций и ЛЭП, ремонт. Этот вариант наиболее приемлем при детальной разведке перспективного месторождения, удаленного от магистралей ЦЭС.

Вариант IV. Централизованное электроснабжение от линии ЦЭС (рис. 1г).

Предусматривает отсутствие ДЭС и повышающей трансформаторной подстанции. Позволяет исключить печное отопление в пользу электрообогрева. В этом случае от ЦЭС и понижающей трансформаторной подстанции по магистральной ЛЭП к потребителям подводится электроэнергия, за которую и взимается плата с потребителей.

Капиталовложения при этом варианте включают затраты на магистральные линии, понижающие подстанции и электронагревательные приборы. Эксплуатационные расходы при этом варианте связаны с обслуживанием подстанции и ЛЭП, оплатой электроэнергии по тарифу и ремонтными работами на линии. Этот вариант рассматривается в случае, когда магистраль ЦЭС проходит непосредственно через район проведения геологоразведочных работ или находится от него на экономически приемлемом расстоянии.

Проведенные расчеты и сравнительный анализ базовых вариантов энергообеспечения буровых установок разведочного бурения на предмет выявления достижимых параметров позволили дать комплексную экономическую оценку одному рассмотренных вариантов — **индивидуальному автономному передвижному энергетическому комплексу с теплоутилизационной установкой.**

В основном выбор приемлемого варианта энергообеспечения не представляет сложности. Например, когда через месторождение или в непосредственной близости от него проходит линия ЦЭС, варианты энергообеспечения с помощью ДЭС можно рассматривать в качестве резервных (аварийных). Однако в некоторых случаях может быть одновременно рассмотрено несколько вариантов, и тогда выбор наиболее предпочтительного из них становится сложной задачей, требующей значительного объема технических и экономических расчетов по каждому из них с последующим сравнением результатов.

Для расчета финансового потока, выбранного для анализа варианта энергоснабжения, имеет смысл рассматривать только статьи затрат, так как понятие «доход» в области энергоснабжения геологоразведочных работ не имеет смысла. В этой связи формула затрат будет иметь вид [8]:

$$Z = -K - K_{об} - И - D + E + A \quad (1)$$

где K — первоначальные капиталовложения на приобретение оборудования, его транспортировку и возможный капремонт; $K_{об}$ — начальный оборотный капитал (в основной массе — резерв на приобретение топлива); $И$ — издержки производства:

$$И = И_{кв} \frac{1-(1+i)^{-n}}{i}, \quad (2)$$

где $И_{кв}$ — квартальные затраты; i — ставка (квартальная) альтернативного вложения (доли единиц); n — количество анализируемых единиц времени (кварталов); D — остаточные капиталовложения, приведенные к начальному моменту:

$$D = \frac{K(1-pn)}{(1-i)^n}, \quad (3)$$

где p — амортизационный коэффициент для оборудования; E — экономия на налоге на прибыль (в связи с текущими затратами):

$$E = И_{кв} C_{нп} \frac{1-(1+i)^{-n}}{i}, \quad (4)$$

где $C_{нп}$ — ставка налога на прибыль (доли единиц); A — экономия на налоге на прибыль (в связи с амортизационными отчислениями):

$$A = K \cdot p \cdot C_{нп} \frac{1-(1+i)^{-n}}{i}. \quad (5)$$

Перед слагаемым K , $K_{об}$, $И$ и D стоит отрицательный знак, так как они показывают отток средств, а перед слагаемыми E и A стоит положительный знак, так как они отражают поступление средств или их экономию. Это объясняется тем, что при осуществлении текущих затрат уменьшается прибыль, что приводит к уменьшению и налога на прибыль.

Такие приведенные затраты Z рассчитываются по каждому из вариантов энергоснабжения. Вариант выбирается как оптимальный, исходя из минимума затрат, задаваясь временем работы одной производственной единицы [8].

Исследование зависимостей по всем рассматриваемым вариантам энергообеспечения в единой системе координат позволяет определить вариант оптимального энергообеспечения на протяжении всего времени производства геологоразведочных работ и выделить преимущества использования теплоутилизационных установок в составе комплексного автономного энергисточника буровых установок разведочного бурения.

Любое из принимаемых решений характеризуется прогнозным ожиданием — благоприятным достижимым результатом или негативным последствием. В тех случаях, когда результат может быть выражен количественно еще на стадии проектирования, становится возможным провести сравнительный анализ альтернативных вариантов и выбрать лучший из них. Количественный анализ создает предпосылки для разработки достаточно достоверной модели, а также выбора требуемого критерия оптимальности [6, 7].

Структура затрат (B) для энергоснабжения буровых установок разведочного бурения независимо от используемого варианта состоит из основных составляющих — капиталовложений (A) и эксплуатационных расходов (B).

Капиталовложения (A , $CapEx$) в зависимости от применяемого варианта энергоснабжения включают в себя затраты на приобретение основных средств — дизельных электростанций или дизель-агрегатов для электро-

станций, трансформаторов для повышающей и понижающей подстанций, комплектной повышающей подстанции, магистральной ЛЭП, теплогенераторов (печей, теплоэлектронагревателей), утилизационных установок.

В свою очередь, эксплуатационные расходы (Б, *OpEx*) в зависимости от применяемого варианта энергоснабжения включают в себя оплату труда персонала, затраты на приобретение дизельного топлива для ДЭС, печного топлива для отопления помещений буровых, оплату электроэнергии от ЦЭС, затраты на сооружение низковольтных и строительство высоковольтных распределительных линий, затраты, связанные с потерями электроэнергии в низковольтных сетях, в магистральной ЛЭП и в трансформаторах подстанций, а также прочие затраты (таблица).

Учитывая эти основные статьи расходов на энергоснабжение, получим зависимости, применяемые для расчета финансовых затрат по 4 вариантам энергоснабжения геологоразведочных объектов, приведенные к начальному моменту времени, которые можно принять за экономико-математическую модель. В качестве критерия оптимизации можно принять минимум приведенных затрат. Это позволит провести сравнительный анализ возможных в определенных условиях вариантов энергоснабжения технологических объектов и отобрать из них удовлетворяющие оптимизационному критерию.

Рассмотрим методику определения оптимального варианта энергообеспечения на конкретном примере.

Условия: разведка участка месторождения; буровые установки УКБ-4 (3 ед.); годовой объем бурения — 10800 м в год, глубина скважины — 300 м. Для этих условий исследуются три возможных варианта энергоснабжения.

Вариант I. Энергоснабжение — от передвижных дизельных электростанций типа ДЭС-60р. Стоимость дизельного топлива с учетом доставки к месту работ $C_{дт} = 70\ 000$ руб./т. Теплоснабжение буровой осуществляется от электрообогревателей мощностью 10 кВт и печей на твердом топливе. Стоимость печного топлива с учетом доставки к месту работ $C_{пт} = 60\ 000$ руб./т. Электрическая нагрузка составляет 38,5 кВт, тепловая нагрузка — 40 кВт. Оптимизационное решение — утилизация теплоты дизель-агрегата ДЭС в целях отопления помещений буровых и прогрева технологического раствора.

Вариант II. Электроснабжение от центральной ДЭС на основе стационарного дизель-агрегата ДГА-300. Для доставки электроэнергии к буровым установкам устраивается повышающая трансформаторная подстанция мощностью 250 кВт, организовывается линия электропередач напряжением 6 кВ длиной 5 км. Буровые установки получают электроэнергию от передвижных понижающих трансформаторных подстанций КТП-100. Теплоснабжение буровой осуществляется от электрообогревателей мощностью 10 кВт и печей на твердом топливе.

Вариант III. Электроснабжение от линии ЦЭС напряжением 6 кВ, проходящей на расстоянии 15 км от места проведения работ. Буровые установки получают электроэнергию от передвижных понижающих трансформаторных подстанций КТП-100. Стоимость электроэнергии по тарифу госсети составляет 5 руб./кВт·ч. Теплоснабжение буровой осуществляется от электрообогревателей мощностью 10 кВт, реже — от печей на твердом топливе.

Задачей исследования было выяснение, в каких условиях вариант с использованием теплоутилизационной установки в составе комплексного автономного энергоисточника буровой установки разведочного

Статьи расходов по вариантам энергоснабжения

Статья затрат	Тип затрат	Вариант I — ПДЭС с УУТ	Вариант II — ГДЭС	Вариант III — СДЭС	Вариант IV — ЦЭС
ДЭС, дизель-агрегат	Капиталовложения				
Печи					
Теплоэлектронагреватели					
Теплоутилизаторы					
Магистральная ЛЭП					
Повышающая ТП					
Понижающая ТП					
Зарплата персонала	Эксплуатационные расходы				
Топливо для ДЭС					
Печное топливо					
Потери э/энергии в НВ сетях					
Сооружение НВ распред. линий					
Сооружение ВВ распред. линий					
Потери э/энергии в магистр. ЛЭП					
Потери э/энергии в трансформ.					
Э/энергия по тарифам					
Прочие затраты					

Примечание: ПДЭС с УУТ — передвижная дизельная электростанция с установкой утилизации теплоты, ГДЭС — групповая дизельная электростанция, СДЭС — стационарная дизельная электростанция, ЦЭС — централизованное электроснабжение

бурения будет оптимальным или преимущественным для использования. Сравнение затрат по рассматриваемым вариантам приводится на рис. 2. Минимальные затраты обеспечивал вариант III — энергоснабжения от ЦЭС, который и являлся оптимальным для заданных условий, пока из затрат не исключили расходы на теплообеспечение буровой от электрообогревателей и печей за счет применения теплоутилизационной установки. При такой постановке вопроса преимущественным стал вариант I — энергоснабжение от ПДЭС с установкой утилизации теплоты.

Предыдущие исследования и расчеты, проведенные в интересах выбора оптимального варианта энергоснабжения [8], определили основные критерии оптимизации, сравнивая реальные значения которых со значениями, критическими для данных условий, можно делать вывод о том, какой из вариантов энергоснабжения для любого из условий станет оптимальным. Среди параметров, выступающих в качестве такого критерия оптимизации, можно выделить расстояние от места производства работ до линий ЦЭС или «предельное расстояние подключения» [8] — расстояние, при превышении которого рассматриваемый вариант энергоснабжения перестает удовлетворять требованиям оптимальности. Это чрезвычайно важный показатель эффективности того или иного варианта энергоснабжения, так как понятие расстояния от точки подключения к источнику энергии до потребителя, в конечном итоге, определяет область эффективного применения тех или иных энергоисточников.

Анализ «предельного расстояния» $l_{пр}$ позволяет выявить влияние различных параметров на выбор оптимального варианта, а также определить, какие из параметров являются значимыми для конкретных условий и должны приниматься в расчет при определении оптимального варианта энергоснабжения.

Расчеты, проведенные авторами исследований [8] путем сопоставления затратной части вариантов энергоснабжения от ЦЭС и от ПДЭС (с утилизацией теплоты дизель-агрегатов и без таковой), выявили основные зависимости влияния на предельное расстояние подключения буровых установок разведочного бурения к энергоисточникам ключевых критериев, среди которых: **сроки работ, потребляемая электрическая мощность, стоимость электроэнергии, мощность отопления, стоимость дизельного и печного топлива:**

$$l_{пр} = \frac{-\Delta K \cdot G - B \frac{1-(1+i)^{-n}}{i} (C_H - 1)}{[K_{IV-M} \cdot G + C \frac{1-(1+i)^{-n}}{i} (C_H - 1)]}, \text{ км} \quad (6)$$

где $\Delta K = K_{IV-M} - K_1$, руб., K_{IV-M} — капиталовложения при осуществлении энергоснабжения от ЦЭС без учета стоимости строительства магистральной ЛЭП, руб.; K_1 — капиталовложения при осуществлении энергоснабжения от ПДЭС, руб.;

$$G = -1 + \frac{1-0,25 \cdot p \cdot n}{(1+i)^n} + 0,25 \cdot p \cdot C_{НП} \frac{1-(1+i)^{-n}}{i}, \quad (7)$$

где p — норма амортизационных отчислений (квартальная); n — количество единиц времени (кварталов);

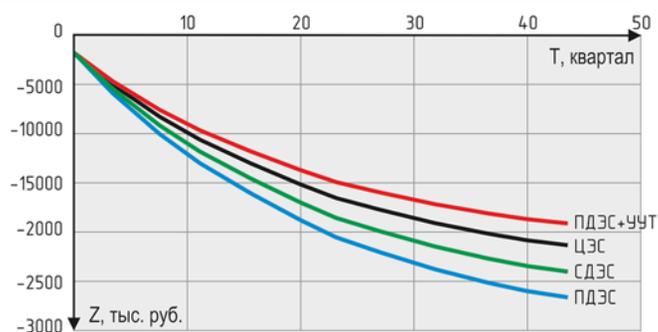


Рис. 2. Сравнение вариантов энергоснабжения по критерию минимума затрат: ПДЭС — передвижная дизельная электростанция, СДЭС — стационарная дизельная электростанция, ЦЭС — централизованное электроснабжение, УУТ — установка утилизации теплоты

$C_{НП}$ — налог на прибыль; i — ставка альтернативного вложения;

$$B = I_{IV-M} - I_1, \text{ руб.}, \quad (8)$$

I_{IV-M} — издержки при осуществлении энергоснабжения от ЦЭС без учета затрат на обслуживание магистральной ЛЭП и потерь в ней; I_1 — издержки при осуществлении энергоснабжения от ПДЭС;

$$C = 225 \cdot 10^{-4} \cdot p \cdot K_M + C_{лэп} \cdot K_p + \frac{P_C^2 \cdot T_K \cdot C_э \cdot i_B}{U_M^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot \gamma_M \cdot s_M}, \text{ руб./км} \quad (9)$$

где K_M — стоимость 1 км магистральной ЛЭП, руб./км; $C_{лэп}$ — стоимость обслуживания 1 км магистральной ЛЭП, руб./км; P_C — средняя электрическая мощность буровой установки, кВт; T_K — время работы в квартал, ч; $C_э$ — стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч; i_B — число буровых установок; U_M — напряжение магистральной ЛЭП, кВ; $\cos \varphi$ — коэффициент мощности; s_M — сечение проводов магистральной ЛЭП, мм²; γ_M — удельная проводимость магистральной ЛЭП, м/Ом·м².

Проведенные расчеты [8] показали:

сроки проведения работ мало влияют на величину предельного расстояния, тогда как утилизация теплоты в целях отопления помещений буровых установок при энергоснабжении от ПДЭС в 6–7 раз уменьшает предельное расстояние подключения к ЦЭС, а, следовательно, и существенно сокращает область оптимального использования энергоснабжения от госсети, что объясняется существенным сокращением затрат при энергоснабжении от ПДЭС за счет отказа от использования печного и электрического отопления помещений буровых установок;

увеличение электрической мощности технологических потребителей — буровых установок разведочного бурения, приводит к увеличению предельного расстояния, поскольку с увеличением мощности потребителей затраты на топливо для передвижных ДЭС растут быстрее, чем затраты на электроэнергию при энергоснабжении от ЦЭС. Однако интенсивность такого влияния значительно снижается при росте стоимости печного топлива, и тем сильнее, чем выше его стоимость, снова

отдавая предпочтение энергоснабжению от ПДЭС с утилизацией теплоты;

с ростом стоимости электроэнергии предельное расстояние уменьшается по причине увеличения эксплуатационных расходов по варианту энергоснабжения от ЦЭС.

Таким образом, затраты по рассматриваемым вариантам комплексного энергоснабжения буровых установок разведочного бурения в значительной степени определяются затратами на теплообеспечение. Снижение затрат на теплоснабжение за счет утилизации теплоты дизель-агрегатов энергетических комплексов оказывает определяющее влияние на выбор оптимального варианта энергоснабжения — использование теплоутилизационных установок в составе автономных автоматизированных энергетических комплексов буровых установок разведочного бурения на базе ПДЭС расширяет область эффективного применения этого варианта энергообеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюховецкий О. С., Лимитовский А. М., Меркулов М. В., Калугин Е. В. Малая энергетика на базе возобновляемых источников энергии на объектах геологоразведочных работ // Горный журнал — Спецвыпуск. — 2004.
2. Ивченко И. А. Повышение эффективности бурения геологоразведочных скважин путем оптимизации параметров работы ве-

тро-дизельных энергетических комплексов. / Автореферат диссертации на соискание уч. степени кандидата технических наук. — М., 2012.

3. Лимитовский А. М. Компактные атомные и физико-химические установки как альтернативные источники энергии в отдаленных районах // Горный журнал. — Спецвыпуск. — 2004.

4. Лимитовский А. М., Коняхин В. И., Меркулов М. В. Динамика и особенности развития электрификации геологоразведочных работ за 1974–1979 гг. // ВИНТИ № 3790=80. Деп. от 21.08.80.

5. Меркулов М. В., Андреев В. И., Волченсков В. И. и др. Выбор и обоснование оптимального варианта энергоснабжения объектов ГРП. / Наука и новейшие технологии при освоении месторождений полезных ископаемых на рубеже XX-XXI веков. — М., МГГА, 1999.

6. Меркулов М. В. Прогнозирование параметров установки утилизации теплоты в различных режимах работы // Горный информ.-аналит. бюлл. — 2008. — № 8. — Деп. № 644/08-08 от 28.04.08.

7. Меркулов М. В., Косьянов В. А. Обоснование оптимального варианта энергоснабжения на основе технико-экономического моделирования // Там же.

8. Меркулов М. В. Оптимизация энергетических комплексов при бурении геологоразведочных скважин в условиях Крайнего Севера. / Автореферат диссертации на соискание уч. степени доктора технических наук. — М., 2008.

9. Назарова З. М., Гольдман Е. Л., Комащенко В. И. Управление, организация и планирование геологоразведочных работ. — М.: Высшая школа. 2004.

© Косьянов В. А., Черезов Г. В., Головин С. В., 2016

Косьянов Вадим Александрович // wadim78@mail.ru
Черезов Геннадий Викторович // sof-sfrsgpa@yandex.ru
Головин Сергей Владимирович // sgolowin@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 553.641.04+53.081/.84:[551.71:552.32].001.33:666.9.017 (571.54)

Корчагин А. Г., Беляев Е. В. (ФГУП «ЦНИИГеолнеруд»)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АПАТИТОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

*Приведено краткое описание Чаро-Олекминской гранит-зеленокаменной области. Предложена типизация зеленокаменных поясов на основе их строения и состава. Рассмотрены разновидности руд Холболок-Урагинского апатитового проявления, характеристика их вещественного состава и технологических свойств, описана морфология рудных тел. Приведены результаты технико-экономических расчетов. **Ключевые слова:** апатит, Холболок-Урагинское проявление, зеленокаменный пояс, технология, прогнозный ресурс.*

Korchagin A. G., Belyaev E. V. (TSNIIgeolnerud)

PROSPECTS OF EXPANSION OF MINERAL RESOURCES BASE IN TRANS-BAIKAL REGION

Short description of Charo-Olekminka granite-greenstone area has been given. Typing of greenstone belts, based on their structure and composition, has been offered. The species of ores in Holbolok-Uraginskoe apatite deposit, characteristic of their material composition and technological properties have been considered, morphology of the ore bodies has been described. Results of technical and economic

*calculations have been shown. **Key words:** apatite, Holbolok-Uraginskoe deposit, greenstone belt, technology, predicted resource.*

В настоящее время добыча апатитового сырья на территории России ведется только на месторождениях Хибинского и Ковдорского массивов в Мурманской области. Отсутствие освоенной минерально-сырьевой базы (МСБ) апатита в регионах Сибири и Дальнего Востока требует оперативного лицензирования и освоения разведанных промышленных месторождений, а также изучения и вовлечения в эксплуатацию новых апатитовых проявлений.

Известные на сегодняшний день в России месторождения апатита входят в состав нескольких геолого-промышленных типов: 1) апатит-титаномагнетитовый в габброидах; 2) апатитовый в метагабброидах; 3) апатит-фергусонит-пироклоровый в карбонатитах (линейные массивы); 4) редкоземельно-apatитовый в метадоломитах; 5) апатит-пироклор-магнетитовый в карбонатитах (центральные массивы); 6) нефелин-apatитовый в ийолит-уртитях; 7) апатитовый в фенитах; 8) апатит-франколитовый в корах выветривания [7]. Появившиеся в последние годы материалы позволяют дополнить этот список еще одним геолого-промышленным типом — кальцит-apatит-кварцевым в зеленокаменных комплексах [3]. Характерным его представителем является Холболок-Урагинское про-