

Радиус нижнего основания усеченного конуса можно определить на основании следующего неравенства, учитывая, что высота гребней после выпуска рудной массы не может быть больше, чем к началу разубоживания:

$$k_1 \ln\left(\frac{l}{2} + 1 - r_0\right) \leq k \ln\left(\frac{l}{2} + 1 - r_0\right). \quad (17)$$

При условии равенства высоты гребней показатель крутизны второго откоса конуса можно определить из выражения

$$k_1 = \frac{\kappa \ln\left(\frac{l}{2} + 1 - r_0\right)}{\ln\left(\frac{l}{2} + 1 - r_1\right)}, \quad (18)$$

где r_1 – радиус выпускного отверстия.

В случае, если значение k_1 из выражения (16) после подстановки в него значения r_1 будет больше, чем соответствующее значение из выражения (18), то радиус нижнего основания меньше радиуса выпускного отверстия. Для его определения необходимо решить совместно систему уравнений (16) и (18).

Подставляя значение k_1 из (18) и (16), заменив значение r_0 на r_1 получим радиус нижнего основания воронки внедрения и по (18) определим показатель крутизны k_1 . Если же значение k_1 из (16) после подстановки значения $r = r_1$ будет меньше соответствующего значения из (18), то радиус нижнего основания равен радиусу выпускного отверстия.

УДК 556.3

Кусова Ж.Г.

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД КАК НАИБОЛЕЕ ЭКОЛОГИЧНЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР

Сложно переоценить влияние, которое оказывает энергетическая сфера на жизнедеятельность населения и национальную безопасность. Энергетика – это основа промышленности всего мирового хозяйства. Поэтому последствия влияния энергетики на экологию Земли носит глобальный характер. Воздействие энергетики на окружающую среду разнообразно и определяется видом энергоресурсов и типом энергоустановок. Приблизительно $\frac{1}{4}$ всех потребляемых энергоресурсов приходится на долю электроэнергетики. Остальные $\frac{3}{4}$ приходятся на промышленное и бытовое тепло, транспорт, металлургические и химические процессы [1].

Все более нарастающий дефицит энергии и ограниченность ископаемых ресурсов, в т.ч. и топливных, привели к неизбежному переходу к нетрадиционным, альтернативным источникам сырья и энергии.

В подтверждение этого тезиса приведем только три следующих основных аспекта:

– *экологический*: сегодня общеизвестен и доказан факт пагубного влияния на окружающую среду добычи и переработки традиционных ресурсов;

– *экономический*: переход на альтернативные технологии в промышленности и энергетике позволит уменьшить в общем балансе потребления долю невозобновляемых ресурсов. Кроме того, стоимость ресурсов и энергии, производимых с помощью многих альтернативных источников, особенно в ресурсо- и энергодефицитных районах уже сегодня ниже, как правило, стоимости ресурсов и энергии, получаемых из традиционных источников, да и сроки окупаемости альтернативных электростанций нередко существенно короче;

– *политический*: та страна, которая первой в полной мере освоит энергетику, использующую альтернативные источники, получит признание, повысится ее роль и значимость в мировом сообществе.

В соответствии с резолюцией № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН (1978 г.) к нетрадицион-

ным и возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная, ветровая, геотермальная, энергия морских волн, приливов и океанов, энергия биомассы, древесины, древесного угля, тяглового скота, энергия больших и малых водотоков и т.д.

Пригодность теплоэнергетических вод как источника энергии определяется, прежде всего, их энергетическим потенциалом, общими запасами и дебитом буровых скважин, химическим составом, минерализацией и агрессивностью вод, наличием потребителя и его отдаленностью, температурным и гидравлическим режимами буровых скважин, фильтрационными способностями пород-коллекторов, глубинами залегания водоносных пластов и их характеристиками, возможностью утилизации отработанных вод и т.д.

Сегодня геотермальные ресурсы как альтернативный источник для производства электроэнергии используют в более чем 50-ти странах мира.

Первая электростанция, работающая на геотермальных ресурсах, была построена в 1904 г. в небольшом итальянском городке Лардерелло, названном так в честь французского инженера, который еще в 1827 г. составил проект использования многочисленных в этом районе горячих источников. В наши дни мощность станции достигла достаточно внушительной величины – 360 МВт.

Ведущее место в мире по количеству ГеоТЭС и мощности вырабатываемой на них электроэнергии занимают США (3,3 тыс. МВт, более 40% действующих мощностей в мире). В 120 км от г. Сан-Франциско находится геотермальная станция мощностью 500 МВт.

А такая страна, как Исландия полностью обеспечивает себя энергией, полученной из недр Земли. Других источников энергии в Исландии практически нет. Мощность геотермальной отопительной системы составляет 350 МВт.

В Новой Зеландии существует электростанция, работающая от энергии Земли, в районе Вайракеи, ее мощность – 160 МВт.

Как уже отмечалось [2, 3], на сегодняшний день реальной базой для развития в нашей стране геотермальной теплоэнергетики являются гидрогеотермальные ресурсы, масштабы которых определены по результатам региональной оценки эксплуатационных запасов термальных вод. Указанная оценка дает представление о значимости этого вида ресурсов в топливно-энергетическом балансе отдельных экономических районов и страны в целом, об основных укрупненных технико-экономических показателях их освоения, а также возникших при этом экологических проблемах.

Принципиально новые перспективы теплоэнергетического использования термальных вод откры-

ваются при внедрении геодинамической технологии их извлечения, позволяющей одновременно решать вопросы безопасного для природы сброса вод. При применении этой технологии эксплуатационные запасы термальных вод пластовых водонапорных систем, рассчитанные только для вод с минерализацией до 35 г/л и температурой более 50°C, на площади, где эти воды самоизливаются, и при плотном размещении водозаборов составляют по теплу до 298 млрд ГДж/год, что эквивалентно сжиганию 10 млрд т у.т./год [4, 5].

В России имеющиеся запасы геотермальной энергии представлены двумя разновидностями: парогидротермы вулканических районов и энергетические термальные воды с температурой 60–200°C в платформенных и предгорных районах.

В нашей стране первая Паужетская ГеоТЭС была создана в 1967 г. на южной оконечности Камчатки, мощностью 5 МВт, доведенная впоследствии до мощности 11 МВт. Пробуренные в Паужетской геотермальной системе десятки скважин в суммарном объеме производят пароводяную смесь в количестве, достаточном для расширения Паужетской ГеоТЭС до 25 МВт.

Экономический кризис 90-х годов прошлого века сказался и на сфере использования невозобновляемых источников энергии. Несмотря на все трудности переходного периода, всё же удалось сохранить научно-технический потенциал и освоить выпуск новой продукции. Так, в ОАО «Калужский турбинный завод» производятся конденсационные блок-модульные ГеоТЭС мощностью 4 и 20 МВт. Три таких блока «Туман-4К» по 4 МВт смонтированы на Верхне-Мутновской ГеоТЭС на Камчатке. В качестве теплоносителя используется пар Мутновского месторождения давлением 0,8 МПа. Строительство Верхне-Мутновской ГеоТЭС было начато в 1995 г. и завершено в 1999 г. В настоящее время мощность введенной в эксплуатацию ГеоТЭС составляет 12 МВт.

На Мутновской ГеоТЭС, проектная мощность которой составляет 80 МВт, будут установлены ещё 4 энергомодуля «Камчатка-20» мощностью по 20 МВт. Строительство ГеоТЭС начато в 1992 г. на 2-х площадках, на каждой из которых располагается главный корпус с двумя энергоблоками.

В 1989 г. на Северном Кавказе была создана опытная Ставропольская ГеоТЭС с использованием двухконтурных энергоустановок. В качестве теплоносителя применяется термальная вода с температурой 165°C, добываемая с глубины 4,2 км. Технологическая схема ГеоТЭС была разработана в ЭНИН им. Кржижановского.

Кроме указанных геотермальных теплоэлек-

тростанций разработан проект и выполнено технико-экономическое обоснование Океанской ГеоТЭС на о. Итуруп в Сахалинской области суммарной мощности 1-й и 2-й очереди 30 МВт. Находится в эксплуатации Курильская ГеоТЭС мощностью 0,5 МВт.

Преимуществом использования ГеоТЭС является и их экологичность. Отработанные термальные воды закачиваются назад в подземные горизонты, что обеспечивает экологическую безопасность региона и стабильность технологического цикла. ГеоТЭС имеют значительно меньшие количества вредных выбросов в атмосферу – типичная геотермическая станция производит выброс CO_2 на 1 МВт·ч выработанной энергии в объеме 0,45 кг, тогда как теплоэлектростанция, работающая на природном газе, – 464 кг, на мазуте – 720 кг, на угле – 819 кг. Для установки ГеоТЭС необходимы сравнительно меньшие, чем для строительства традиционных ТЭС, участки земли, их можно проектировать и размещать на любых землях.

В недрах Северного Кавказа содержатся огромные запасы тепловой энергии, заключенной в подземных водах. Малочисленные примеры практического использования этой энергии ограничиваются не более чем пятью, максимум десятью, пунктами на всю территорию. При этом в подавляющем большинстве пунктов термальные воды используются в бальнеологических целях. Значительно реже эти воды применяются для удовлетворения технических и народнохозяйственных нужд предприятий, а также для питья. Совсем редко термальные воды Предкавказья используются для теплофикации отдельных зданий. Ни один достаточно крупный населенный пункт не теплофицирован горячими или перегретыми подземными водами полностью. Тепловая энергия этих вод практически не используется для выработки электроэнергии.

Необходимо, правда, отметить, что широкое распространение в Предкавказье нефтяных и газовых залежей, приуроченных к породам различного возраста, создает определенные трудности при выборе районов и горизонтов для практического использования термальных вод. Многие из них гидравлически связаны с нефтяными или газовыми залежами. Во избежание снижения пластовых давлений в залежах большие отборы таких термальных вод проводить нецелесообразно до полного извлечения из пласта жидких и газообразных полезных ископаемых, но это становится возможным в дальнейшем после отработки основного полезного ископаемого.

Проблемы энергетической сферы и её обеспе-

ченности, в т.ч. и ресурсной, в Республике Северная Осетия-Алания (РСО-Алания) столь же актуальны, как и во многих других регионах страны.

Годовая потребность энергии РСО-Алания, с учетом численности населения и современного состояния экономики, составляет порядка 5 млрд кВт·ч [6].

Очевидно, что нельзя решить задачу полного энергообеспечения республики в ближайшие годы только за счет гидроэнергетических ресурсов собственной территории, потенциал которого сопоставим с потребностью. В связи с этим необходимо изыскивать и другие имеющиеся на территории ресурсы для решения проблемы энергообеспечения РСО-Алания, в том числе и геотермические ресурсы.

На территории республики известно два основных типа геотермальных ресурсов – гидротермальные (термальные воды, пароводяные смеси и перегретый пар) и петрогеотермальные (тепло сухих горных пород с температурой выше 350°C).

Что касается петрогеотермальных ресурсов, то в первую очередь речь идет об использовании энергии сухих горячих пород, расположенных на небольших глубинах (до 2–3 км) на площадях развития молодых интрузий (неоинтрузий) гранодиоритового состава с абсолютным возрастом в 2–2,5 млн лет.

Скорость остывания неоинтрузий, по расчетным данным, составляет от 180 до 200°C в течение 1 млн лет, что, в свою очередь, во многом зависит от параметров неоинтрузий и степени их эродированности.

Зная, что начало кристаллизации расплава в неоинтрузиях такого состава происходит при температуре 820°C и учитывая их возраст, вполне реально вскрытие «сухих пород» с температурой до 250 – 300°C на глубинах 2–2,5 км.

На территории РСО-Алания в её горной части известен ряд неоинтрузий, выходящих в том числе и на дневную поверхность: Мидаграбинский, Теплинский, Сонгутидонский и не выходящий на дневную поверхность, Танадонский.

Заложение буровых скважин на них вполне возможно в непосредственной близости от эксплуатируемых дорожных магистралей и ЛЭП на экономически наиболее освоенных территориях.

Работы, проведенные в этой области, как в нашей стране, так и за рубежом показывают возможность создания эффективных геотермальных станций для получения тепловой и электрической энергии при использовании теплоты горных пород, расположенных на глубинах 2–4 км.

Такие станции уже действуют в США (Фен-

тон-Хилл, вблизи Лос-Аламоса) и Франции (Эльзас). На юге Чили подобная станция строится на базе скважины глубиной 2,5 км с температурой на забое в 280°C.

Российский опыт проведения исследований в этом направлении, к сожалению, единичен – это скважина в г. Тырны-Аузе (Кабардино-Балкарская Республика) глубиной 4002 м. Там залегают гранитоиды Эльджуртинского неотрузивного комплекса, возраст которого определен 2,4 млн лет. Температура сухих пород на забое составляла 232°C. Был осуществлен гидроразрыв горного массива с образованием обширной трещины («сухого котла»). Горячая вода из скважины использовалась для отопления жилых и производственных помещений. Опытные работы были остановлены из-за отсутствия ассигнований [6].

Проведённый предварительный технико-экономический анализ использования тепловой энергии сухих горячих пород в районе г. Тырны-Ауз с помощью геотермальной циркуляционной системы (ГЦС) показывает возможность сравнительно быстрой окупаемости капитальных вложений.

Анализ информации по изученности геотермального потенциала Республики Северная Осетия-Алания позволяет сделать следующий вывод – значительная часть территории располагает ресурсами термальных вод, изучению которых до настоящего времени не уделялось должного внимания.

Единственная практическая попытка по изучению геотермальных вод на территории РСО-Алания, как уже указывалось автором [2], была предпринята в 1979 г. Тогда были приняты «Перспективный план и Программа поисково-разведочных работ на термальные воды на территории Северная-Осетинской АССР на 1981–1985 гг.». В соответствии с этой «Программой...», планировалось использование термальных вод с температурами от 40 до 90°C и объемами добычи до 10 тыс. м³/сут. для восьми крупных потребителей. Среди них – санаторный комплекс, теплицы, МТФ, СТФ, птицефабрики и др. с общим объемом потребления тепла 600 тыс. Гкал/год.

В настоящее время часть потребителей по разным причинам уже не нуждается в энергии, но спрос на неё остаётся и становится с каждым годом всё большим. Круг потенциальных потребителей расширяется и увеличивается, причём процесс этот «не плановый», т.е. не поддаётся прогнозу, и сказать точно, какова потребность и её география пока трудно, но определённая тенденция этого роста нами выявлена. Есть надежда, что будет выявлена и определённая закономерность размещения потенциальных потреби-

телей. Особенно это актуально для горных и предгорных территорий, где планируют и пытаются строить небезопасные для очень уязвимой здесь экологии гидроэнергетические комплексы. И в то же время решать проблемы энергообеспечения этих территорий необходимо в связи с планируемым их освоением (горный туризм, рекреационные зоны и др.).

В связи с этим автором проводится широкий круг исследований для научного обоснования продолжения работ в области использования геотермального потенциала Республики Северная Осетия-Алания [2, 3, 7]. С этой целью переработана информация о геологическом и гидрогеологическом строении территории с учётом фактического размещения известных и возможного размещения потенциальных источников термоминеральных ресурсов. Это дало возможность выделить два типа месторождений термальных вод – *месторождения пластово-поровых, пластово-трещинных и трещинно-жилых вод малых артезианских бассейнов и трещинные и пластово-трещинные воды в осадочных и осадочно-вулканогенных породах районов недавнего и современного вулканизма* – на площадях трёх структурно-геологических зон территории РСО-Алания: Терско-Каспийском передовом прогибе, антиклинория Большого Кавказа и Чиаурского синклинория. Анализ более детальной информации по проявлениям и потенциальным месторождениям – особенности и общие характерные черты геологического и гидрогеологического строения, химический состав и термические свойства вмещающих пород, гидрохимические и термические особенности вод – вот далеко не полный перечень исследований, которые проводятся в настоящее время. Предварительные результаты этих работ подтверждают перспективность территории на возможность практического использования этих ресурсов. Помимо термальных вод на территории известны и выявлены и их высокоминерализованные разновидности, т.е. термоминеральные воды. Эксплуатация месторождений последних может дать ещё больший экономический эффект при их грамотном научно обоснованном и комплексном использовании. При температурах воды в отдельных известных (ранее пробуренных на нефть) скважинах 80°C и более выявлены промышленные содержания йода, брома, бора и других элементов. Уже есть определённые закономерности, такие как, например, повышенное содержание йода и борного ангидрита приурочено к верхнеюрским образованиям, а брома – к верхнемеловым.

Помимо этого собирается и анализируется информация о наиболее передовых современных и экологически чистых технологиях добычи, переработки и дальнейшего использования в качестве теплоносителя термоминеральных ресурсов,

апробация и внедрение которых в условиях горных и предгорных территорий благоприятно повлияет на их дальнейшее экономическое и социальное развитие.

Библиографический список

1. Богородицкий К.Ф. Высокотермальные воды СССР. М.: Наука, 1968.
2. Кусова Ж.Г. Комплексное использование термоминеральных вод для устойчивого развития РСО-Алании // Моделирование устойчивого регионального развития: Материалы второй Международной конференции. Нальчик, 14–18 мая 2007 г. Нальчик, 2007. Т. II. С. 84–87.
3. Кусова Ж.Г. Термальные воды Северной Осетии-Алании как альтернативный источник энергии // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы IV Международной конференции. Владикавказ, 28–30 мая 2007 г. Владикавказ, 2007. С. 678–679.
4. Шпак А.А., Мельканоицкий И.М., Серезников А.И. Методы изучения и оценки геотермальных ресурсов. М.: Недра, 1992.
5. Шпак А.А., Ефремочкин Н.В., Боровский Л.В. Поиски, разведка и оценка прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов теплоэнергетических вод / Мин-во геологии СССР, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1989.
6. Хузиев И.К. Концепция развития электроэнергетики Республики Северная Осетия-Алания. Владикавказ, 2007.
7. Кусова Ж.Г. Вопросы рационального использования термальных вод Северной Осетии // Интеллектуальные системы в производстве. Ижевск. 2007. № 2.

УДК 622.672

Зубков А.А.

**К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАМЕРНОЙ СИСТЕМЫ
РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА**

В процессе освоения медноколчеданных месторождений наблюдается ухудшение горно-геологических, горнотехнических условий, сокращение рудных площадей. Это приводит к уменьшению производственной мощности подземных рудников, отрицательно сказывается на технико-экономических показателях. Горнодобывающие предприятия, несмотря на ухудшение условий разработки, заинтересованы в обеспечении постоянных объемов добычи полезного ископаемого и даже их наращивании. Выполнение данных задач осложняется требованиями к качеству извлекаемого полезного ископаемого по содержанию, номенклатуре компонентов, сортности руд, удовлетворение которых обуславливает необходимость проведения мероприятий по усреднению руд, вовлечению в отработку дополнительных рудных площадей. Усреднение качества рудной массы и вывод части рудных площадей, вследствие твердения закладочного массива, приводит к снижению интенсивности отработки рудных залежей и деконцентрации работ. Низкая интенсивность ведения горных работ является причиной функционирования большого количества одновременно обрабатываемых залежей, что, в

свою очередь, приводит к усложнению схемы подъемно-транспортного комплекса предприятий, росту основных фондов и увеличению себестоимости добычи.

Нейтрализовать действие негативных горно-геологических факторов на выполнение программы рудника возможно на путях интенсификации горных работ, которую принято оценивать показателем интенсивности отработки месторождений, отображающим уровень изменения физического объема добычи руды за один производственный цикл или за определенное время при существующей технологии добычи.

Показатель интенсивности эксплуатации напрямую связан с коэффициентом концентрации горных работ, который отражает влияние совокупности горнотехнических, технологических и организационно-экономических факторов на степень сосредоточения горных работ в условиях конкретного подземного рудника. На него в большой степени влияет уровень интенсивности отработки месторождения, особенно это проявляется при системах разработки с закладкой выработанного пространства вследствие большого количества технологических процессов.