

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для геотермальной энергетики

Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)¹ как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы организаций Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу: <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

¹ Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения.

Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие, как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов.

Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта целесообразно применение менее жестких уровней или параметров, нежели те, что представлены в настоящем Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по

конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

Применение

Настоящее Руководство по ОСЗТ касается геотермальной энергетики. Описание видов деятельности, относящихся к геотермальной энергетике, содержится в **Приложении А** к настоящему документу. Сопутствующие вопросы, связанные с передачей и распределением электроэнергии, рассматриваются в Руководстве по ОСЗТ для сетей передачи и распределения электроэнергии.

Настоящий документ состоит из следующих разделов:

- Раздел 1.0 – Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними
- Раздел 2.0 – Показатели эффективности и мониторинг
- Раздел 3.0 – Справочная литература и дополнительные источники информации
- Приложение А – Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

В данном разделе приводится обзор проблем ОСЗТ, возникающих в сфере геотермальной энергетики на этапе эксплуатации предприятий отрасли, и содержатся рекомендации по их решению. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, характерных для большинства крупных промышленных предприятий в фазе строительства или вывода из эксплуатации, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Охрана окружающей среды

К числу экологических проблем, могущих возникнуть в связи с реализацией проектов в сфере геотермальной энергетики, относятся²:

- Стоки
- Выбросы в атмосферу
- Твердые отходы
- Фонтанирование скважин и разрывы трубопроводов
- Потребление и забор воды

Стоки

Буровые растворы и буровой шлам

Бурение эксплуатационных скважин для добычи пара и скважин для повторной закачки воды в пласт может осуществляться на этапах разведки, разработки и эксплуатации геотермальных ресурсов. При бурении могут использоваться буровые растворы на водной или углеводородной основе, которые могут содержать

химические присадки, способствующие управлению перепадом давлений в скважине и предохраняющие от резкого снижения вязкости. Предметом особой озабоченности является шлам из бурового раствора на углеводородной основе: это объясняется его существенной загрязненностью нефтепродуктами, что может потребовать особых мер по его очистке и удалению на территории предприятия либо за его пределами. В рамках управления использованием буровых растворов и бурового шлама рекомендуются, в частности, следующие меры:

- Сбор шлама и бурового раствора на углеводородной основе и их хранение в специальных резервуарах-хранилищах или колодцах с герметичной футеровкой до очистки (например, промывки), возврата в оборот и/или окончательной очистки и удаления;
- При технико-экономической обоснованности – повторное использование бурового раствора;
- Удаление резервуаров-хранилищ или колодцев с территории предприятия во избежание попадания нефтесмазочных материалов в почву или воду, очистка или удаление их содержимого, в зависимости от его свойств, как опасных или безопасных отходов (см. **Общее руководство по ОСЗТ**);
- Закачка бурового раствора на водной основе в скважину (после оценки его токсичности). Шлам из бурового раствора на водной основе обычно направляется на повторное использование (например, как наполнитель в строительстве), если он не токсичен, либо на захоронение на полигоне отходов;
- Во время кислотной обработки скважин – обсадка герметичными трубами на глубину, соответствующую данной геологической формации, во избежание просачивания кислотного раствора в подземные воды.

² Duffield and Sass (2003)

Отработанная геотермальная жидкость

Отработанная геотермальная жидкость состоит из отсепарированной воды из паровых сепараторов (отсепарированная вода – это вода, которая изначально поступает из геотермального резервуара вместе с паром) и конденсата, образующегося во время конденсации отработанного пара после генерации электроэнергии. На электростанциях, где в процессе испарения используются градирни, геотермальный конденсат обычно направляется в контур охлаждения. Для геотермального конденсата могут быть характерны высокая температура, низкие значения pH и высокое содержание металлов. У отсепарированной воды показатель pH часто нейтральный; в ней могут присутствовать тяжелые металлы³. Качество поступающих из скважин пара и воды колеблется в зависимости от свойств геотермальных ресурсов.

В рамках управления использованием геотермальной жидкости рекомендуется, в частности:

- Тщательно оценивать возможные экологические последствия сброса геотермальной жидкости в зависимости от выбора системы охлаждения⁴;
- Если на электростанции не производится обратная закачка всей геотермальной жидкости в пласт, качество сбрасываемых стоков должно соответствовать виду водопользования, установленному для водоёма, в который сбрасываются стоки, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Речь может, в частности, идти о приведении температуры стоков в соответствие с местными правилами или локальной нормой, установленной для данного предприятия исходя из возможного воздействия на состояние водоёма, в

который сбрасываются стоки. Если в геотермальной жидкости наблюдается повышенная концентрация тяжелых металлов, необходимо провести предварительную оценку последствий их сброса в природные водоёмы, по итогам которой может потребоваться сооружение и эксплуатация сложных и дорогостоящих очистных сооружений;

- Если выбор был сделан в пользу повторной закачки, следует свести к минимуму возможность загрязнения подземных вод путем обсадки скважин герметичными трубами на глубину, соответствующую геологической формации, в которой располагается геотермальное месторождение;
- Следует рассмотреть возможности повторного использования геотермальной жидкости, в том числе:
 - Применение двухконтурной технологии выработки электроэнергии;
 - Использование отсепарированной воды для нужд дальнейших технологических процессов, если её качество (в том числе общее содержание металлов и содержание растворенных тяжелых металлов) соответствует требованиям к качеству воды, установленным для планируемого вида водопользования. Среди примеров такого использования, в частности, – применение для обогрева в тепличных и рыбоводных хозяйствах, отопления помещений, производства продуктов питания, переработки фруктов, а также в сфере отдыха – отелях, спа-центрах.
 - Окончательный сброс отработанной жидкости в соответствии с требованиями (если таковые имеются) к очистке и сбросу, применяемыми к данному виду деятельности, а также в соответствии с видом водопользования, установленным для водоприёмника, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

³ Kestin (1980)

⁴ В некоторых случаях предпочтительна обратная закачка, поскольку она помогает продлить период эксплуатации месторождения.

Выбросы в атмосферу

Выбросы в атмосферу от геотермальных электростанций пренебрежимо малы по сравнению с выбросами от электростанций, вырабатывающих энергию за счет сжигания ископаемого топлива⁵. На геотермальных электростанциях, работающих на пару – сухом или получаемом из геотермальной воды – основными потенциальными загрязнителями воздуха являются сероводород и ртуть. В паре содержится диоксид углерода, хотя его выбросы считаются пренебрежимо малыми по сравнению с источниками горения органического топлива. Наличие и концентрация потенциальных загрязнителей воздуха может колебаться в зависимости от свойств геотермальных ресурсов.

Выбросы могут происходить во время бурения скважин и измерения притока, а также через смешивающие конденсаторы / градирни, если выбрасываемые газы не выкачиваются из испарителя и не закачиваются в пласт вместе с отводимой геотермальной жидкостью. Потенциальными источниками выбросов сероводорода могут быть и выпускные установки на электростанции или при группе скважин, особенно при работе в штатном режиме, когда возникает необходимость выпуска газа. На электростанциях, где применяется двухконтурная технология либо её сочетание с конденсацией пара (с бесконтактной технологией конденсации), объём выбросов сероводорода и ртути близок к нулю, так как все геотермальные газы и жидкости повторно закачиваются в пласт.

В целях нейтрализации выбросов в атмосферу рекомендуется применять следующие методы:

⁵ Так, например, выбросы геотермальной электростанцией оксидов серы (SO_x) и азота (NO_x) составляют приблизительно 1 процент от их выбросов тепловой электростанцией аналогичной мощности, работающей на угле, а выбросы диоксида углерода (CO₂) – 5 процентов (Duffield and Sass (2003))

- Рассмотреть возможность применения технологических решений, предусматривающих полную или частичную повторную закачку газов в пласт вместе с геотермальной жидкостью в свете потенциальных экологических последствий применения альтернативных технологий энергогенерации в сочетании с иными основными факторами, такими, как соответствие технологии геологическим ресурсам и экономическим соображениям (например, капитальным затратам и эксплуатационным расходам);
- В случае, если полная обратная закачка в пласт не представляется практически осуществимой, производить выпуск сероводорода и неконденсирующихся паров ртути в атмосферу, если результаты оценки потенциального воздействия на концентрацию этих веществ в окружающей среде показывают, что содержание загрязнителей не превысит предписываемого соответствующими стандартами в области охраны труда и техники безопасности;
- При необходимости, применять системы очистки для удаления сероводорода и паров ртути из неконденсирующихся газов. Среди примеров решений, позволяющих ограничить выбросы сероводорода, – мокрые или сухие скрубберы, а также жидкофазные окислительно-восстановительные системы, тогда как для ограничения выбросов ртути можно применять конденсацию потока газов с последующим сепарированием либо адсорбцией.

Твердые отходы

На геотермальных электростанциях не образуется существенных объёмов твёрдых отходов. Из градирен, воздухоочистительных установок, с турбин и из паровых сепараторов периодически удаляется осадок, состоящий из

серы, кремнезема и карбонатов. Этот шлам может быть отнесен к опасным отходам в зависимости от содержания в нем силикатных соединений, хлоридов, мышьяка, ртути, ванадия, никеля и других тяжелых металлов. Рекомендуемые методы обращения с опасными отходами описаны в **Общем руководстве по ОСЗТ**; они включают надлежащее хранение и изоляцию отходов на территории предприятия до их окончательной переработки и удаления на соответствующем предприятии по переработке отходов. Если качество шлама является приемлемым, с незначительным содержанием металлов, склонных к выщелачиванию (т.е., он представляет собой безопасные отходы), в качестве возможного варианта его удаления может рассматриваться использование на объекте или за его пределами для забутовки. Утилизируемые твердые отходы, такие, как серный кек, следует, по мере технико-экономической возможности, отправлять третьим лицам на переработку для вторичного использования⁶. Первоначально способы удаления необходимо определять на основе соответствующих анализов химического состава осадка, которые следует периодически (например, ежегодно) повторять, чтобы учесть возможные геохимические изменения и их влияние на характер отходов.

Фонтанирование скважин и разрывы трубопроводов

Во время бурения скважин и эксплуатации электростанции могут – хотя и крайне редко – иметь место фонтанирование скважин и разрывы трубопроводов. Такие аварии могут привести к выбросу токсичных буровых растворов и присадок к ним, а также сероводорода из горных пород. Разрывы трубопроводов могут, кроме того, привести к выбросу на поверхность геотермальной жидкости и пара,

⁶ Примером экономически выгодного применения служит производство минеральных удобрений.

содержащих тяжелые металлы, кислоты, минеральные отложения и прочие загрязняющие вещества.

В целях предотвращения и ограничения загрязнения окружающей среды в результате фонтанирования скважин и разрывов трубопроводов рекомендуется, в частности:

- Регулярно проводить техническое обслуживание устьев скважин и трубопроводов для геотермальной жидкости, включая выявление коррозии и борьбу с нею, мониторинг уровня давления и применение противовибросовых устройств, таких, как стопорные клапаны, а также
- Разработать меры по ликвидации аварийных ситуаций с фонтанированием и разрывом трубопроводов, включая меры по локализации разливов геотермальной жидкости⁷.

Более подробно вопросы разработки планов ликвидации аварийных ситуаций рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Потребление и забор воды

Забор поверхностной воды необходим для проведения ряда работ на объектах геотермальной энергетики, в том числе для бурения скважин, исследования пластов на приёмистость и использования в системах охлаждения. Поверхностная вода, используемая в однопроходных системах бесконтактного охлаждения, обычно возвращается в источник с несколько повышенной температурой, однако, в общем, без потерь в качестве.

В целях сохранения водных ресурсов, используемых для обеспечения процесса производства электроэнергии геотермальными электростанциями, рекомендуется

⁷ Более подробные сведения см. у Babok and Toth (2003)

принимать следующие меры рационального водопользования:

- Изучать гидрологические ряды наблюдений с целью выявления кратко- и долгосрочной изменчивости дебита водотоков, являющихся источниками потребляемой воды, и поддержания критического режима потока в маловодные сезоны во избежание создания препятствий передвижению рыбы или отрицательного воздействия на водную биоту;
- Вести мониторинг разницы в температуре между стоками и водоприёмниками с целью соблюдения местных норм, касающихся сброса высокотемпературных стоков, а в отсутствие таких норм действовать согласно указаниям, изложенным выше в настоящем документе.

1.2 Охрана труда и техника безопасности

Проблемы охраны труда и техники безопасности, возникающие при строительстве и выводе из эксплуатации объектов геотермальной энергетики, аналогичны возникающим на других промышленных объектах; вопросы предупреждения и устранения этих проблем рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Проблемы охраны труда и техники безопасности, характерные для проектов в области геотермальной энергетики, включают возможность воздействия следующих факторов:

- Геотермальные газы
- Замкнутое пространство
- Высокая температура
- Шум

Геотермальные газы

Воздействие геотермальных газов, главным образом, сероводорода, может происходить на рабочих местах во время аварийных выбросов геотермальной жидкости (например, разрывов трубопроводов) и работ по техническому обслуживанию в замкнутом пространстве, например, внутри трубопроводов, турбин и конденсаторов. Серьёзность риска воздействия сероводорода может варьироваться в зависимости от местоположения объекта и свойств разрабатываемого пласта.

Если существует возможность того, что работники подвергнутся воздействию сероводорода в опасной концентрации, следует рассмотреть возможность принятия на объектах геотермальной энергетики следующих мер по нейтрализации такого воздействия:

- Установка систем контроля концентрации сероводорода и аварийной сигнализации. Число и расположение контрольных устройств необходимо определять на основе оценки производственных участков, опасных по выбросам сероводорода, и его воздействия на рабочем месте⁸;
- Разработка на случай выброса сероводорода плана действий в аварийной ситуации, включающего все необходимые вопросы – от эвакуации до возобновления нормальной работы;
- Обеспечение сотрудников аварийно-спасательной службы предприятия и работников, производящих работы в местах с высоким риском воздействия сероводорода, индивидуальными датчиками обнаружения сероводорода, автономными

⁸ Содержание сероводорода, по достижении которого включается тревожная сигнализация заводских и личных детекторов сероводорода, следует установить намного ниже уровня, рекомендованного стандартами безопасности, руководствуясь рекомендациями специалиста по технике безопасности.

дыхательными аппаратами и аварийным запасом кислорода, а также их обучение безопасному и эффективному пользованию этим оборудованием;

- Обеспечение зданий с людьми необходимой вентиляцией во избежание скопления сероводорода;
- Разработка порядка входа в замкнутое пространство и соблюдение его при входе в любые помещения, признанные «замкнутым пространством» (см. ниже);
- Предоставление работникам информационных бюллетеней или иной легкодоступной информации о химическом составе жидкой и газообразной фаз теплоносителя, а также разъяснений о возможных последствиях для здоровья и безопасности людей.

Замкнутое пространство

Как и в любой иной отрасли промышленности, факторы риска в замкнутом пространстве могут оказаться смертельно опасными для работников. Характер работы в замкнутом пространстве и вероятность несчастных случаев может меняться в зависимости от конструкции объектов геотермальной энергетики, имеющегося на этих объектах оборудования и наличия подземных вод либо геотермальной жидкости. К числу конкретных, уникальных для данной отрасли объектов с замкнутым пространством могут относиться турбины, конденсаторы и градирни (при проведении технического обслуживания), ангары для контрольного оборудования (при взятии проб), а также шахты для буровой скважины (подземные горные выработки, проложенные для бурения). На предприятиях геотермальной энергетики следует разработать и соблюдать порядок входа в замкнутое пространство, описанный в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Высокая температура

Воздействие высокой температуры на рабочих местах наблюдается во время строительства, а также в процессе

эксплуатации и технического обслуживания трубопроводов, скважин и сопутствующего высокотемпературного оборудования. К нештатным ситуациям, связанным с воздействием высокой температуры, относится возможное фонтанирование при бурении скважин, а также дефекты резервуаров для пара и компонентов трубопроводного хозяйства.

Для предотвращения и ограничения воздействия высокой температуры рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Сократить время работ на участках с высокой температурой и обеспечить работникам доступ к питьевой воде;
- Экранировать поверхности при нахождении рабочих вблизи высокотемпературного оборудования, в том числе генераторов, трубопроводов и пр.;
- Применять надлежащие средства индивидуальной защиты (СИЗ), в том числе термоизоляционные перчатки и обувь;
- Внедрить соответствующий порядок безопасного ведения работ по разведочному бурению.

Шум

Основными источниками шума на объектах геотермальной энергетики являются бурение скважин, конденсация пара и его выпуск в атмосферу. К прочим источникам относятся насосное оборудование, турбины и работы по промывке трубопроводов. При проведении некоторых работ по бурению и выпуску пара в атмосферу уровень шума может в течение короткого времени превышать 100 дБА. В число технологических решений, позволяющих снизить уровень шума, входят использование при бурении глушителей, звукоизоляции и шумозащитных экранов, а кроме того – оснащение шумоглушителями агрегатов на участке

обработки пара. Дополнительные рекомендации по ограничению уровня шума и вибрации на рабочих местах, например, касающиеся применения соответствующих СИЗ, приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Проблемы в области здоровья и безопасности местного населения, возникающие в период строительства и вывода из эксплуатации объектов геотермальной энергетики, аналогичны характерным для большинства других крупных промышленных объектов и рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

К числу проблем в области здоровья и безопасности местного населения, возникающих в период эксплуатации геотермальных электростанций, относятся:

- Воздействие сероводорода
- Безопасность объектов инфраструктуры
- Воздействие на водные ресурсы

Сероводород

В дополнение к мерам по предупреждению и ограничению выбросов и воздействия сероводорода, описанным выше в разделах «Окружающая среда» и «Охрана труда и техника безопасности», в процессе планирования эксплуатации объектов необходимо тщательно учитывать возможность воздействия сероводорода на местное население и принимать необходимые меры предосторожности. Если существует значительная вероятность воздействия сероводорода на местное население, для смягчения такого воздействия принимаются, например, следующие меры:

- Размещение источников возможных существенных выбросов сероводорода с учетом его воздействия на жителей близлежащих населенных пунктов (принимая во внимание такие ключевые экологические факторы, как близость, морфология ландшафта и преобладающие направления ветров);
- Установка сети станций мониторинга за выбросами сероводорода, в которой число и расположение станций контроля определяется с помощью модели рассеяния в воздухе с учетом расположения источников выбросов и территорий общего пользования и проживания местного населения;
- Постоянная работа системы контроля сероводорода для обеспечения быстрого обнаружения и оповещения;
- Разработка плана действий в аварийных ситуациях с привлечением местного населения для обеспечения эффективного реагирования на предупреждение системы мониторинга.

Безопасность объектов инфраструктуры

На местное население могут оказывать воздействие физические опасные факторы, связанные со скважинами и сопутствующим трубопроводным хозяйством. Опасность могут представлять контакт с горячими деталями, отказы оборудования, а также действующие и законсервированные объекты буровой инфраструктуры, с которыми может быть связана опасность замкнутого пространства и падения. В целях смягчения этого воздействия рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Устанавливать средства ограничения доступа, такие, как ограждения и предупредительные знаки, для предотвращения доступа населения и предупреждения об опасности;
- Ограничивать протяженность трубопроводных систем необходимым минимумом;

- Рассмотреть возможность прокладки подземных трубопроводов или установки теплозащитных экранов для предотвращения контакта населения с горячими трубопроводами, по которым перекачивается геотермальный теплоноситель;
- Надлежащим образом организовать вывод из эксплуатации объектов инфраструктуры, таких, как трубопроводы и подъездные пути, включая чистку, демонтаж и удаление оборудования, анализ качества почв и, при необходимости, их очистку, повторное озеленение территории объекта и блокирование доступа, а также, при необходимости, рекультивацию подъездных путей;
- Надлежащим образом организовать консервацию устьев скважин, включая, по мере необходимости, их закупорку цементом, демонтаж оборудования устья скважины и закладку выемки вокруг устья скважины⁹.

Воздействие на водные ресурсы

Добыча, обратная закачка и сброс геотермальной жидкости может повлиять на качество и объём запасов поверхностных и подземных вод. К числу конкретных примеров такого воздействия относятся непреднамеренное попадание геотермальной жидкости в расположенные на меньшей глубине водоносные пласты во время ее добычи или обратной закачки, либо сокращение дебита горячих термальных источников вследствие забора геотермальных вод. В целях предотвращения и ограничения такого воздействия рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Разработать комплексную геологическую и гидрогеологическую модель, описывающую общие

геологические, структурные и тектонические особенности месторождения, его размеры, границы, инженерно-геологические и гидродинамические свойства вмещающей породы;

- Провести на этапе планирования проекта оценку гидрогеологии и водного баланса с целью выявления гидродинамической взаимосвязи между местами добычи и обратной закачки геотермальных вод, а также источников питьевой воды или поверхностных водных ресурсов;
- За счет тщательного подбора местоположения скважин и их обсадки трубами изолировать источники пара от расположенных на меньших глубинах гидрологических ресурсов, которые могут быть использованы как источники питьевой воды;
- Не допускать отрицательного воздействия на поверхностные воды путем введения жестких критериев сброса и принятия соответствующих мер по доведению качества и температуры воды до приемлемого уровня.

2.0 Показатели эффективности и мониторинг

2.1 Охрана окружающей среды

Нормативы выбросов и сбросов

Выбросы

Если в процессе конденсации в градирне происходит непосредственный контакт пара с охлаждающей водой, возможны неорганизованные выбросы в атмосферу из градирни небольших количеств сероводорода, паров ртути и диоксида серы. Значения нормативов выбросов и сбросов

⁹ Учитывая особенности того или иного конкретного объекта, вывод из эксплуатации и закрытие объектов инфраструктуры геотермальных месторождений могут потребовать детального планирования.

в данной отрасли соответствуют надлежащей международной отраслевой практике, которая зафиксирована в соответствующих стандартах стран с общепризнанной нормативно-правовой базой. Хотя на этапе строительства и эксплуатации объектов геотермальной энергетики существенные выбросы из точечных источников обычно отсутствуют, выбросы сероводорода или иные выбросы не должны приводить к тому, чтобы концентрация загрязняющих веществ в окружающем воздухе превышала уровни, предусмотренные национальными нормами качества воздуха, а в отсутствие таковых – рекомендациями, признанными на международном уровне¹⁰.

Стоки

Отработанная геотермальная жидкость обычно закачивается во вмещающую формацию, поэтому стоки невелики по объёму и состоят из отсепарированной воды. Содержание возможных загрязнителей в стоках с объектов геотермальной энергетики варьируется в зависимости от минералогических свойств вмещающей геологической формации, температуры геотермальной воды и особенностей технологии, применяемой на том или ином предприятии. Если повторная закачка отработанной геотермальной жидкости не производится, стоки должны соответствовать установленным для данного предприятия нормативам по сбросу стоков в поверхностный водоприёмник, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для данной отрасли следует выстраивать с учетом

¹⁰ Рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству воздуха (Air Quality Guidelines, World Health Organization (WHO), Geneva 2000).

необходимости охвата всех видов деятельности, у которых выявлен потенциал существенного воздействия на состояние окружающей среды как в нормальном, так и в нештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, сбросов и использования ресурсов, применимым к данному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должен осуществляться специально подготовленными лицами, в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных, и с использованием должным образом поверенного и исправного оборудования. Данные мониторинга следует регулярно анализировать и изучать, сопоставляя их с действующими стандартами в целях принятия, при необходимости, мер по исправлению ситуации. Дополнительные указания по применимым методикам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

2.2 Охрана труда и техника безопасности

Указания по охране труда и технике безопасности

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать исходя из опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по значениям пороговых пределов (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIS®), публикуемые Американской конференцией государственных

специалистов по гигиене труда (ACGIH)¹¹, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным исследовательским институтом техники безопасности и охраны труда (NIOSH) Соединенных Штатов Америки¹², показатели допустимых уровней воздействия (ДУВ), публикуемые Управлением охраны труда (OSHA) Соединенных Штатов Америки¹³, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза¹⁴, или данные из иных аналогичных источников.

Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства¹⁵.

Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности

Следует вести мониторинг рабочей среды на предмет наличия вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты¹⁶ в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также опасных ситуаций и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

¹¹ См. <http://www.acgih.org/TLV/>

¹² См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

¹³ См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

¹⁴ См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

¹⁵ См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

¹⁶ К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по гигиене труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

- ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). ANZECC. Available at <http://www.deh.gov.au/about/councils/anzecc> (accessed on March, 2006).
- AS/NZ (Australian/New Zealand Standard on Risk Management). 1999. Australian/New Zealand Standard on Risk Management (AS/NZ 4360:1999). Auckland, NZ: AS/NZ. Available at <http://www.uq.edu.au/hupp/index.html?page=30899&pid=30896> (accessed on March 2006).
- Axelsson, G., and Gunnlaugsson, E. 2000. "Background: Geothermal utilization, management and monitoring." In *Long-Term Monitoring of High- and Low-Enthalpy Fields under Exploitation*, World Geothermal Congress 2000 Short Courses, Japan, 3–10. Beppu, Japan.
- Babok, B., Toth, A., 2003. Geothermal energy production and its environmental impacts in Hungary. International Geothermal Conference, Reykjavik, 2003., pp. 19-25.
- Bay Area Air Quality Management District, Regulation 9: Inorganic Gaseous Pollutants, Rule 5 – Hydrogen Sulfide from Geothermal Power Plants. Available at <http://www.baaqmd.gov/dst/regulations/index.htm#reg9> (accessed on September 11, 2006).
- Brophy, Paul. 1997. "Environmental Advantages to the Utilization of Geothermal Energy." *Renewable Energy* 10:2–3, table 3.374.
- Bloomfield, K., Moore, J.N., and R.M. Neilson Jr. (2003). Geothermal Energy Reduces Greenhouse Gases. Davis, CA.: Geothermal Research Council. GRC Bulletin, April 2003.
- Brown, K. L. 2000. "Impacts on the physical environment." In Brown, K.L., ed., *Environmental Safety and Health Issues in Geothermal Development*, World Geothermal Congress 2000 Short Courses, Japan, 43–56. Beppu, Japan.
- California Energy Commission. 2002. Overview of Geothermal Energy in California. Sacramento, CA. California Energy Commission. Available at <http://www.energy.ca.gov/geothermal/overview> (accessed on March 2006).
- California Vision of Oil Gas and Geothermal Resources. 2004. Geothermal Injection Wells.: California Vision of Oil Gas and Geothermal Resources. Available at http://www.consrv.ca.gov/DOG/geothermal/general_info/injection_wells.htm (accessed on March 2006).
- Crecelius, E.A.; Robertson, D.E.; Fruchter, J.S.; and Ludwick, J.D. 1976. Chemical forms of mercury and arsenic emitted by a geothermal power plant. 10th Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health. University of Missouri, Columbia, Missouri, United States.
- Dippippo, R. 1999. Small Geothermal energy Plant, Design, Performance and Economics. Geothermal Research Council Bulletin (June). Davis, Ca.
- Duffield, W.A., Sass, J.H, 2003. Geothermal Energy – Clean Power from the Earth's Heat. U.S. Geological Survey. Circular 1249. p. 43
- FME (Federal Ministry for the Environment of Germany). 2005. *Geothermal Energy – Energy for the Future*. Werner Burchmann, ed. Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Available at www.bmu.de. (accessed March 2006).
- Geothermal Hot Line. 1996. Subsidence and Uplift at Heber Geothermal Field. California.
- Geothermal Regulatory and Reclamation Program at DOGAMI. Department of Geology and Minerals Industries. Portland, OR. Available at <http://www.oregongeology.com/sub/oil/oilhome.htm> (accessed on March 2006).
- Geothermal Training Programme Reports. 2003. Orkustofnun, Grensásvegur 9, Number 5 IS-108. Reykjavik, Iceland.
- Gutierrez-Negrin, L.C.A., and Quijano-Leon, J.L. 2004. Analysis of Seismicity in the Los Humeros, Mexico, Geothermal Field. *Geothermal Resources Council Transactions* 28: 467–72.
- Hiroyuki T., H. Takagi, Y. Kiyota, K., Matsuda, Hideki Hatanaka, Kanichi Shimada, Hirofumi Inuyama, Roger Young, Larry F. Bayrante, Oliver T. Jordan, Jesus Reymundo M. Salera, and Francis Edward B. Bayon. 2000. Development and Verification of a Method to Forecast Hot Springs Interference due to Geothermal Power Exploitation. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu - Tohoku, Japan, May 28–June 10, 2000.
- International Geothermal Association. 2001. Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, Session 9 (CSD-9), New York, April 2001.
- International Energy Agency. 2003. Appendices to Report on Benign Energy: The Environmental Implications of Renewables. Appendix G Geothermal Paris, France: International Energy Agency. Available at <http://www.iea.org/pubs/studies/files/benign/pubs/append3g.pdf> (accessed on March 2003).
- Kagel, A. D. Bates, and K. Gawell. 2005. *Clear the Air: Air Emissions from Geothermal Electric Power Facilities Compared to Fossil-Fuel Power Plants in the United States*. Washington, DC: Geothermal Energy Association, GRC Bulletin, May/June.
- Kestin, J. (Editor). Source book on the production of electricity from Geothermal Energy. US Department of Energy, Division of Geothermal Energy. Washington, D.C.
- Krzan, Zbigniew. 1995. "Environmental Protection of the Tatra, Pieniny and Gorge Mountains by the Use of Geothermal Energy." *WGC* 4: 2799–800.
- Lienau, P.J., and Lunis, B.C. (editors), 1991. Geothermal direct use engineering and design guidebook. Geoheat Center, Oregon Institute of Technology.
- Lunis, B., and Breckenridge, R. 1991. "Environmental considerations." In Lienau, P.J. and Lunis, B.C., eds., *Geothermal Direct Use, Engineering and Design Guidebook*, 437–45. Klamath Falls, Oregon: Geo-Heat Center.
- Philippines DOE (Department of Energy). 2002. Guidelines for Geothermal Operations in the Philippines. Bureau Circular No. 83-01-02. Manila. DOE. Available at www.doe.gov.ph/peer2005 (accessed on March 2003).
- Reed, Marshall J., and J. Renner. 1995. "Environmental Compatibility of Geothermal Energy." In F.S. Sterret, eds., *Alternative Fuels and the Environment*. Boca Raton: CRC Press.
- Takashashi, K, M. Kuragaki, 2000. Yanaizu-Nishiyama geothermal power station H2S Abatement. Proceedings of World Geothermal Congress, Beppu, Japan, 2000. pp. 719-724
- Timperly, M.H., and L.F. Hill, (1997). Discharge of mercury from the Wairakei geothermal power station to the Waikato River, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1997, Vol. 31: 327-336
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 2005. Guidelines for Geothermal Energy Systems (Release 1.0) Environmental Due Diligences of Re-

newable Energy Projects, United Nations Environmental Programme. UNEP. Available at www.energy-base.org/fileadmin/media/sefi/docs/edd_geothermal.pdf (accessed on November 5, 2005).

U.S. DOE (U.S. Department of Energy), 2000. Revised Geothermal Safety and health rules and regulations. Department Circular 2000-02-001. Washington DC.

US DOE (U.S. Department of Energy). 2001. Energy and Geosciences Institute at University of Utah. Geothermal Energy: Clean Sustainable Energy for the Benefit of Humanity and the Environment (Brochure).. Washington, DC: US DOE. Available at <http://www.geo-energy.org/RedBrochure.pdf> (accessed on October 2004).

US DOE (U.S. Department of Energy), Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE). 2004. Geothermal Technologies Program. Geothermal energy Plants.. Washington, DC: US DOE/EERE. Available at <http://www.eere.gov/geothermal/powerplants.html> (accessed on December 6, 2004).

US DOE (U.S. Department of Energy), Geothermal Technologies Program. 2004. Geopowering the West: Hawaii Facts Sheet. December 21, 2004. Washington, DC: US DOE. Available at http://www.eere.energy.gov/geothermal/gpw_hawaii.html (accessed on March 2006).

U.S. DOE (U.S. Department of Energy), NERL (National Renewable Energy Laboratory). 2001. Geothermal Energy: Heat from the Earth (Publication No. DOE/GO – 102001-1432). Washington, DC: US DOE/NERL. Available at <http://www.nrel.gov/dos/fy02osti/29214/pdf> (accessed on December 6, 2004).

Utah Water Quality Act. 2004. The Utah Water Quality Act and Title R317 - Environmental Quality and Water Quality, 2004. State of Utah.

Weres, O. 1984. Environmental Protection and the Chemistry of Geothermal Fluids. Berkeley, CA.: Lawrence Berkeley Laboratory, LBL 14403.

World Bank Group. 2002. Geothermal Energy. Washington, DC: World Bank Group. Available at <http://www.worldbank.org/html/fpd/energy/geothermal/> (accessed on December 6, 2004).

World Health Organization (WHO), Air Quality Guidelines, Second Edition, Geneva, 2000. Available at http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_3 (accessed on September 11, 2006).

World Energy Council website (June 2006): http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/17th_congress/3_1_17.asp

Wright, P.M. 1998. The Sustainability of Production from Geothermal Resources. Bulletin. Geo-Heat Center 19(2): 9–12.

Приложение А: Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

Геотермальная энергетика подразумевает использование подземных запасов высокотемпературных термальных вод или пара и преобразование их тепловой энергии в электрическую. Как правило, геотермальные электростанции расположены непосредственно рядом с источниками термальной энергии с целью минимизации потерь тепла при транспортировке. Передача энергии на более значительные расстояния и её распределение может осуществляться при помощи линий электропередачи соответствующих параметров. Для производства 1 мегаватта (МВт) энергии на геотермальной электростанции необходима площадь от 0,5 до 3,5 гектара. Комплексные геотермальные проекты обеспечивают выработку электроэнергии и могут предусматривать использование остаточного тепла отработанной геотермальной жидкости для нужд различных отраслей, таких, как тепличные и рыболовные хозяйства, отопление помещений, производство продуктов питания, переработка фруктов, а также в сфере отдыха – отелях, спа-центрах¹⁷.

К основным компонентам геотермальной электростанции относятся скважины для получения пара и высокотемпературных геотермальных вод, паровые турбины, генераторы, конденсаторы, градирни, насосы для повторного закачивания отработанной воды в водоносный горизонт и оборудование для подсоединения электростанции к энергосистеме.

Реализация проекта использования геотермальной энергии включает три основных этапа, а именно: разведку и оценку геотермальных ресурсов, разбуривание месторождения и строительство электростанции.

Разведка и оценка геотермальных ресурсов включает геологические и геофизические исследования, а также изучение возможности бурения пробных скважин для исследования геотермального резервуара.

Этап разбуривания месторождения включает бурение скважин для получения пара или высокотемпературной воды и скважин повторного закачивания, а также подготовку добываемого теплоносителя для использования на электростанции. Бурение ведется в течение всего эксплуатационного цикла объекта, поскольку и эксплуатационные скважины, и скважины повторного закачивания требуют периодического обновления для соблюдения необходимых условий выработки электроэнергии.

Этап строительства электростанции включает строительство самой электростанции и всей сопутствующей инфраструктуры, в том числе градирен, трубопроводов и установок для очистки и обратного закачивания отработанных воды и газа. Кроме того, необходимым является устройство отстойников в процессе бурения и испытания скважин, подъездных дорог, складских помещений и объектов технического обслуживания.

Работы на этапе эксплуатации включают плановую эксплуатацию и техническое обслуживание геотермальной электростанции, мониторинг и техническое обслуживание системы скважин, периодическое бурение эксплуатационных скважин и скважин обратной закачки теплоносителя, подработку геотермальной жидкости и техническое обслуживание трубопроводов.

Перегретые геотермальные воды обычно содержат ряд растворенных металлов и газов. Отработанные жидкости и

¹⁷ Lienau and Lunis (1991)

газы обычно закачивают обратно в водоносный горизонт или по его контуру для сведения к минимуму возможного загрязнения подземных вод. Иногда – в тех случаях, когда обратная закачка отработанных вод и газов невозможна, – возникает необходимость устройства крытых прудов-отстойников и прудов-охладителей для удержания и очистки газов.

В зависимости от проектного решения, для циркуляции в градирнях используются геотермальные воды или производится забор воды из поверхностных источников водоснабжения. При этом возможно образование опасных твердых отходов в виде присутствующего в конденсате серосодержащего осадка; такие отходы следует удалять и надлежащим образом хранить на объекте до их удаления.

Существуют два основных типа геотермальных ресурсов – сухой пар и высокотемпературные воды¹⁸. В первом случае из эксплуатационных скважин поступает сухой пар, который затем может использоваться непосредственно для приведения в движение турбогенераторов, тогда как во втором случае получаемым из скважин продуктом являются высокотемпературные воды (свыше 180°C). При работе с геотермальными водами, температура которых ниже 180°C, может применяться описанная ниже двухконтурная система с использованием дополнительного рабочего тела.

На геотермальных электростанциях обычно используется один из перечисляемых ниже способов выработки электроэнергии либо их сочетание:

- **Получение пара из геотермальной воды:** пар отделяется от перегретой геотермальной воды и используется для производства энергии в том случае, если температура поступающей из скважины воды

превышает 180°C, что позволяет отделять часть пара высокого давления с помощью резкого сброса давления в паровых сепараторах и использовать его для вращения турбогенератора. Распространены технологии однократного и двукратного испарения, иногда встречаются и установки с трехкратным испарением. Пар используется для вращения турбины, а оставшаяся горячая вода сбрасывается или закачивается обратно в пласт.

- **Двухконтурная технология:** если температура теплоносителя ниже 180°C, между источником тепла (геотермальной жидкостью) и турбиной вводится дополнительный контур, в котором циркулирует рабочее тело с низкой температурой кипения, такое, как изобутан, изопентан или водно-аммиачный раствор.
- **Сочетание конденсации пара с двухконтурной технологией:** для повышения к.п.д. используются оба способа - конденсация пара и двухконтурная схема.
- **Использование сухого геотермального пара:** Получаемый из скважин сухой пар высокого давления используется непосредственно для вращения турбин с целью получения электроэнергии. Ресурсы сухого пара очень ценны, но встречаются они достаточно редко.

¹⁸ Duffield and Sass (2003).