

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Камчатский филиал  
Тихоокеанского института географии

# ТРУДЫ

**Выпуск VII**

«Камчатпресс»  
Петропавловск-Камчатский  
2009

ББК 20.1  
Т 78  
УДК 016.577

Труды Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН. Выпуск VII. Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. – 300 с.

Сборник содержит научные статьи и сообщения, отражающие различные направления исследований КФ ТИГ ДВО РАН, выполненных в последние годы. Представленные в настоящем сборнике работы посвящены изучению структурно-функциональной организации, динамике и продуктивности наземных и водных экосистем Камчатки и прилегающих морей; разработку научных основ рационального природопользования в северо-западной части Тихого океана и методов эколого-экономической оценки антропогенной деятельности.

Сборник предназначен для экологов, биологов, экономистов, специалистов природоохранных организаций, а также может быть полезен при проведении комплексных эколого-экономических экспертиз.

Издано по решению Ученого совета Камчатского филиала  
Тихоокеанского института географии ДВО РАН

Редколлегия:

к.б.н. А.М. Токранов (отв. редактор), О.А. Черныгина, к.э.н. Э.И. Ширков

Перевод на английский О.Н. Селивановой

**ISBN 978-5-9610-0098-6**

© Камчатский филиал Тихоокеанского  
института географии ДВО РАН,  
2009

## **Проблемы использования геотермальных энергетических ресурсов на примере Мутновской ГеоЭС**

***Р.С. Моисеев, Н.С. Карпухин, И.Д. Огурцова***

Идеи использования геотермальных энергетических природных ресурсов Камчатки для энергообеспечения региона имеют историю в несколько десятилетий. С 1950–1960-х гг. исследуется Паужетское геотермальное месторождение и эксплуатируется Паужетская ГеоЭС, стабильно снабжающая электроэнергией Озерновский производственно-селитебный узел. Проектировалось увеличение мощности этой ГеоЭС до 12 МВт, а также строительство системы теплоснабжения этого узла от геотермального месторождения. Эксплуатируются для теплоснабжения производственных и жилищно-гражданских сооружений Средне-Паратунское геотермальное месторождение (п. Термальный) и Эссовское месторождение (с. Эссо). Проведены длительные экспериментальные исследования по эксплуатации фреоновой геотермальной электростанции (п. Термальный) (Забарный, Гайдаров, 1989; Ресурсный потенциал Камчатки, 1994).

На Мутновском геотермальном месторождении более 30 лет проводились исследования с целью создания объектов для обеспечения электрической энергией потребностей Петропавловско-Елизовской агломерации (Асаулов и др., 1987; Отчет..., 1987; Заключение..., 1998). При этом учитывались следующие факторы:

- относительно небольшая удаленность месторождения от основных энергопотребителей Камчатской области;
- ожидаемый высокий энергетический потенциал месторождения, оцениваемый в диапазоне от 150 МВт до 400 МВт;
- возможность использования энергетических ресурсов Мутновского геотермального месторождения не только для электро-, но и для теплоснабжения Петропавловско-Елизовской агломерации.

Более 20 лет разрабатывались варианты проектов Мутновской ГеоЭС (ГеоТЭС) различной мощности с различными техническими и технологическими решениями электрогенерации. В 1993 г. был разработан проект строительства трубопровода для теплоснабжения г. Елизово от Мутновского месторождения парогидротерм. В 1999 г. построена

Верхне-Мутновская ГеоЭС мощностью 12 МВт из 4 автономных энергогенерирующих блоков заводской сборки, работающая в экспериментальном режиме, а в 2003 г. – Мутновская ГеоЭС мощностью 50 МВт.

Результаты научно-исследовательских, разведывательных и поисковых геологических и гидрологических, инженерно-изыскательских и проектных работ по всем этим проектам изложены в отчетах, материалах экспертиз, монографических и других публикациях (Асаулов и др., 1987; Отчет..., 1987; Кирюхин и др., 1998, 2003; Отчет..., 2001; Отчет..., 2003 и др.). Сводная оценка этих работ не проводилась, что не позволяет полноценно использовать накопленный почти за полвека опыт.

В качестве основных особенностей Мутновской ГеоЭС по сравнению с другими объектами геотермальной энергетики, созданными или проектируемыми в Италии, Новой Зеландии, Исландии, США и т. д., отмечают:

- расположение на высоте около 800 м над уровнем моря в одном из многоснежных районов, относимых к районам Крайнего Севера; это зона верхней границы распространения растительности в горах; бесснежный период составляет около 2 месяцев; высота снежного покрова составляет до 10–15 м;

- расположение в районе со сложным геологическим строением, в непосредственной близости от действующего вулкана, с многочисленными активными разломами земной коры, со сложной системой и структурой глубинных магматических и гидротермальных очагов;

- наличие в зоне непосредственного воздействия ГеоЭС (ее стоков, выбросов и т. п.) водотока, отнесенного к рекам (водоемам) высшей рыбохозяйственной категории, р. Фальшивой, с повышенными природоохранными требованиями. Для предотвращения возможных обострений экологической ситуации в р. Фальшивой, приустьевая часть которой и ее притоков является нерестово-выростным водоемом лососевых рыб, в проекте Мутновской ГеоЭС на 50 МВт была предусмотрена реинжекция отработанного теплоносителя в глубинные слои. Это решение обосновывалось методом внешней аналогии с некоторыми геотермальными объектами других стран и считалось надежно обеспечивающим «экологическую чистоту» функционирования Мутновской ГеоЭС.

В 2004 г. принято принципиальное («стратегическое») решение о развитии Мутновского геотермального энергетического комплекса со строительством новых энергетических мощностей (первая очередь 100 МВт), применением «бинарных» технологий преобразования энергии и т. п. (Чернев, 2004).

После запуска Мутновской ГеоЭС на 50 МВт в эксплуатационный режим, с извлечением, переработкой, использованием и обратной закачкой теплоносителя в объеме около 150 м<sup>3</sup>/час (3 600 м<sup>3</sup>/сутки), эксплуа-

тирующей организацией было обнаружено изменение температурных (в сторону снижения) и физико-химических параметров теплоносителя, извлекаемого из рабочих скважин. Совпадение во времени обратной закачки отработанного и охлажденного теплоносителя («сепарата») с изменением параметров теплоносителя, извлекаемого из рабочих скважин, позволило эксплуатирующей организации предположить прямую причинно-следственную связь между двумя этими явлениями.

Пробное добавление в скважины обратной закачки реактива-индикатора иодида калия (KJ) в качестве трассера и обнаружение его через разные, но относительно небольшие промежутки времени в теплоносителе, извлекаемом из всех рабочих скважин, позволило эксплуатирующей организации укрепиться в предположении о наличии такой связи.

Однако научных обоснований, раскрывающих механизм связи между этими явлениями и позволяющих прогнозировать количественные и качественные параметры происходящих при этом процессов и их последствий, – нет.

Попытка эксплуатирующей организации произвести пробный выпуск отработанного теплоносителя вместо обратной закачки – непосредственно в р. Фальшивую, с замером температуры в р. Фальшивой в створе ниже на 300 м по течению от точки выпуска, показала повышение температуры воды в реке с +3 (+4) до +20 °С. Замеры химических параметров не производились (Чернев, 2004; Отчет..., 2005).

Заказчиком была поставлена задача определить эколого-экономические возможности сброса отработанного теплоносителя в р. Фальшивую для обеспечения долговременного функционирования Мутновской ГеоЭС 50 МВт.

Анализ исходных материалов привел к выводу, что поставленная задача может расцениваться как тактическая, временная. На стадии постановки проблемы было установлено, что в настоящее время сложилась ситуация, при которой функционирование как существующих, так и предполагаемых к строительству энергетических объектов становится непредсказуемым по обеспеченности природно-ресурсной базой, технологическим параметрам, объемам выпускаемой продукции, экономической эффективности, экологической безопасности.

Эта ситуация и является проблемной, решение которой необходимо по очень широкому кругу соображений. Непредсказуемость ситуации обусловила необходимость исследования не только условий решения тактической задачи эколого-экономического обоснования работы Мутновской ГеоЭС в ближайшее время за счет прекращения обратной закачки, но и условий решения стратегической задачи обеспечения долговременного функционирования Мутновского энергетического комплекса. Социально-экономическая значимость этих задач обусловлена в первую очередь тем, что к 2005 г. подаваемая с Мутновской ГеоЭС электроэнер-

гия стала незаменимой в Петропавловско-Елизовско-Вилучинском энергоузле.

Ограниченные ресурсные возможности исследования изначально определили применение только камеральных методов исследования, в основном – методов многофакторного системного анализа.

Во временном отношении необходимость решения проблемной ситуации разделена на: 1) требующую безотлагательного решения, 2) отдаленную на средний срок (5–7 лет), 3) перспективную (10 и более лет).

Безотлагательное решение необходимо для того, чтобы возможно быстрее приостановить процесс снижения температурных параметров теплоносителя, извлекаемого из недр. Решение может быть простым, даже в определенной мере примитивным, но оно должно, в экологически допустимых технологиях, обеспечить приостановку этого процесса на время, необходимое для обоснования, проектирования и реализации более радикальных, долговременных, сложных решений.

Решение среднего по времени уровня необходимо для сохранения стабильного состояния технологических параметров природных геотермальных ресурсов на весь период существования энергетических объектов, уже построенных на Мутновском геотермальном месторождении, с целью обеспечения экономически эффективного, экологически безопасного функционирования этих объектов.

Решение перспективное должно обеспечить природными ресурсами планируемое в настоящее время и дальнейшее, теоретически предполагаемое, развитие на базе Мутновского геотермального месторождения энергетического, а возможно, и многоотраслевого комплекса на основе комплексного, длительного во времени полного освоения природно-ресурсного потенциала этого месторождения.

Оптимальное решение проблемы может быть основано на преемственности, взаимоувязанности решений, предусмотренных для каждого временного периода. Для этого необходимо рассмотрение на первой стадии исследований возможно широкого по видовому разнообразию спектра вариантов.

В видовом отношении варианты решения проблемы могут быть классифицированы по следующим основным признакам.

#### С использованием природных механизмов.

Основные рассматриваемые в качестве возможных направления могут быть сведены к следующим:

- использовать механизмы разбавления, рассредоточения использованного теплоносителя в природной среде без существенных изменений в состоянии экосистем (сброс в р. Фальшивую; сброс на рельеф, с образованием нового водотока в сторону Тихого океана и т. п.);
- использовать системы связей водных потоков в подземных гидрологических системах для того, чтобы выбрать новый участок для об-

ратной закачки, исключаящий попадание отработанного теплоносителя в рабочие горизонты и очаги;

- найти возможность восстановления параметров теплоносителя, извлекаемого из рабочих скважин до уровня, существовавшего в период, когда эксплуатация Мутновской ГеоЭС на 50 МВт еще не была начата;

- установить с достаточной определенностью структуру, механизмы развития, количественные и качественные параметры, условия использования природно-ресурсного потенциала Мутновского месторождения парогидротерм.

Особенность использования природных механизмов состоит в том, что необходимо исследовать последствия, в разные периоды времени, учитывая самые отдаленные, которые могут возникнуть от изменения водного, энергетического и других балансов в подземных гидрогеологических системах при возвратном или безвозвратном изъятии из них пароводяной смеси или воды в объеме от 3 600 до 24 000 м<sup>3</sup>/сутки.

#### С использованием технических решений в сложившихся на Мутновской ГеоЭС технологиях энергогенерации.

Основные направления могут быть сведены к следующим:

- охлаждение теплоносителя в системе искусственных бассейнов (открытых резервуаров, калориферов, градирен и т. п.); оборудование этих охладителей сооружениями, предотвращающими попадание в окружающую среду вредных веществ в жидком, твердом, газообразном состоянии; сброс охлажденных и очищенных жидкостей, образовавшихся из охлажденного и очищенного от вредных примесей теплоносителя, в поверхностные водотоки;

- проложение трубопроводов для открытого сброса отработанного теплоносителя на рельеф в районы, где образование термального поверхностного водотока не нарушает лесосековых экосистем и не противоречит особенностям ландшафтов, характерных для районов Камчатки с многочисленными проявлениями активного вулканизма;

- организация реинжекции на новых участках с гарантированным отсутствием последствий, оцениваемых как негативные.

#### С использованием новых технологий, ориентированных на комплексное использование геотермальных природных ресурсов Мутновского месторождения парогидротерм.

Основные направления могут быть сведены к следующим:

- устройство трубопровода для транспортировки горячей (нагретой) воды с целью теплоснабжения Петропавловско-Елизовской агломерации;

- устройство трубопровода горячей воды в бухту Фальшивую для дальнейшей транспортировки танкерами в г. Петропавловск-Камчатский с целью теплоснабжения города;

- создание геотехнологического гидрохимического производства для извлечения из теплоносителя вредных (для окружающей среды) примесей в технологиях, позволяющих получить высококачественные, пользующиеся спросом материалы;

- применение технологий, позволяющих более полно извлечь энергетическую составляющую из вовлекаемых в оборот геотермальных природных ресурсов.

Краткое изложение результатов анализа вышеназванных технических и технологически сложных вариантов практических решений приводится ниже.

Извлечение из теплоносителя химических примесей в качестве полезного продукта не имеет готовых промышленно-производственных технологических решений и сомнительно по экономической эффективности при сложившихся объемах использования теплоносителя.

Дальнейшее рассмотрение вариантов непосредственного использования тепловой энергии теплоносителя без преобразования в электрическую и химическую формы, беспредметно до уточнения полных характеристик природно-ресурсной базы.

Комплексный анализ названной общей проблемы предсказуемости функционирования основанных на использовании Мутновского месторождения парогидротерм, существующих и планируемых энергетических предприятий по технологическим параметрам, объемам выпускаемой энергетической продукции, экономической эффективности, экологической безопасности, показывает, что ключевыми вопросами для решения проблемы в целом являются два.

Первый, неотложный вопрос – о возможности временного отказа от обратной закачки сепарата в недра и перехода к поверхностному сбросу водной смеси, отработавшей при эксплуатации существующей Мутновской ГеоЭС. Это необходимо хотя бы на период времени, позволяющий разрабатывать долгосрочные технологически, конструктивно, экономически и экологически рациональные выходы из создавшейся ситуации.

Положительный ответ на этот вопрос может дать основания и время для поиска новых решений. Отрицательный ответ ставит под угрозу приостановки функционирование действующей Мутновской ГеоЭС. Вместе с этим возникает необходимость плохо предсказуемых по результатам поисков уже не краткосрочных простых и конкретных, а стратегических, сложных технологических, инвестиционных и иных решений.

Второй вопрос – об обеспеченности действующих и планируемых объектов геотермальными природными ресурсами, позволяющими с достаточной уверенностью рассчитывать технологические параметры, надежность и сроки действия, окупаемость инвестиций и другие показатели, необходимые для принятия принципиальных решений. Ответ на этот вопрос требует времени, капиталовложений и длительных



комплексных научных исследований.

Положительный ответ на этот вопрос дает основания для продолжения работ по решению производных проблем использования имеющихся природных ресурсов. Отрицательный ответ обязывает сосредоточиться на новых исследованиях и новой оценке и переоценке состояния природно-ресурсной базы Мутновского месторождения парогидротерм и возможности обеспечения ресурсами действующих и планируемых предприятий, в том числе второй очереди Мутновской ГеоЭС, «бинарной станции» и других объектов, ориентированных на использование новых технологий, новых схем и способов использования этого природно-ресурсного потенциала.

На основе многофакторного подхода к рассмотрению заданной проблематики можно предварительно сформулировать следующие ответы на эти вопросы.

*1) Сброс отработанного теплоносителя на поверхность земли возможен, с разной степенью вероятности, в нескольких вариантах.*

1а) Сброс отработанного теплоносителя в р. Фальшивую. Все имеющиеся расчеты характеризуются высокой степенью условности. Достаточно определенные энергетические и химические характеристики сбрасываемого сепарата отсутствуют. Нет также определенных гидрологических и гидрохимических характеристик р. Фальшивой по отдельным участкам течения, в том числе в сезонной динамике и с учетом особенностей источников питания. Отсутствуют данные рыбоводно-биологических исследований названной проблемы, в том числе выводы о возможных последствиях сброса сепарата в р. Фальшивую с точки зрения воздействий на ее рыбохозяйственное значение.

Предварительный теоретический анализ показывает, что применение технически относительно простых средств для первичного охлаждения сепарата в объеме  $150 \text{ м}^3/\text{час}$  перед сбросом в р. Фальшивую может оказаться эффективным способом получения в приустьевой части реки температурного режима, близкого к естественному.

Изменения химического состава и возможности образования осадков при охлаждении растворов предвидимы только в общем виде. Для определения более конкретных параметров необходимы специальные исследования и данные систематического мониторинга.

Предварительный анализ возможности сброса в р. Фальшивую сепарата в объеме  $1\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ , при сложившейся обеспеченности исходными данными о природно-ресурсной базе планируемого предприятия и гидрологическом и гидрохимическом режиме р. Фальшивой, показал, что обосновать выводы количественными показателями не представляется возможным. Общий прогноз качественных характеристик этого процесса состоит в том, что такой сброс при существующих технологиях может оказаться недопустимым. Для утилизации сепарата в этом варианте (объем выброса  $1\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ ) целесообразно искать

другие возможности.

Анализ воздействий сброса на биоту р. Фальшивой и ее рыбохозяйственное значение, при столь неопределенных возможностях предвидения состояния абиотической сферы, показывает, что его результаты не могут иметь характер основы даже для самых предварительных выводов.

1б) Анализ возможности сброса сепарата на рельеф позволяет сделать определенный вывод о его общей допустимости. Основное условие: сброс должен осуществляться в существующий водоток, не имеющий рыбохозяйственного значения; или с образованием нового водотока; или в крупную впадину в рельефе с образованием крупного водоема и фильтрацией в глубинные слои. В конечном счете сепарат стекает, смешиваясь с поверхностными, грунтовыми и глубинными водами, в Тихий океан.

Этот вариант необходимо дополнительно оценить с точки зрения недопустимости отрицательных воздействий на параметры теплоносителя в очаге питания рабочих скважин при безвозвратном изъятии теплоносителя. В существующих материалах нет данных для определения оценки такого воздействия.

Что касается формирования поверхностных водотоков, то для вулканогенных природных систем Камчатской области выход на поверхность земли и попадание в поверхностные водотоки высокотемпературных и высокоминерализованных геотермальных вод является характерной природной особенностью. В такого рода природных процессах образуются одни из распространенных естественных форм специфичных ландшафтных образований Камчатки. Поэтому рационально организованный и обоснованный расчет такой сброс представляется наиболее предпочтительным для рекомендации к практическому применению.

Конкретные экосистемные последствия поверхностного сброса геотермальных вод могут быть предвидимы и оценены при тщательном выборе места выпуска, оценке геологических и геохимических характеристик пород в зоне русла нового водотока, объема и качественных характеристик сбрасываемых вод, конкретных характеристик формируемого водотока или систем водоемов и т. п. Социально-экономические последствия могут проявляться в форме создания нового природного объекта для возникновения организованной и неорганизованной туристической или бальнеологической деятельности.

Локальный сброс геотермальных вод в объеме 1 000 м<sup>3</sup>/час или 24 000 м<sup>3</sup>/сутки в природных условиях Камчатки аналогов не имеет. В связи с этим для конкретной, а не общей оценки его последствий необходимы специальные комплексные исследовательские разработки.

1в) Специальной оценке подлежит проблема безвозвратного изъятия из недр 150 м<sup>3</sup>/час и 1 000 м<sup>3</sup>/час, или соответственно – 0,0013 и 0,0088 км<sup>3</sup>/год геотермальных вод. Для полного анализа последствий

такого изъятия, – как для состояния природных геологических и гидрогеологических систем, так и для природно-ресурсного обеспечения действующих и планируемых предприятий, – необходимо знать строение гидрогеологических систем в районе Мутновско-Гореловского-Вилучинского вулканического горного массива; надо знать энергетические и водные балансы источников «резервуара», из которых извлекаются для использования геотермальные воды и т. п.

Проблема истощения ранее защищенных запасов парогидротерм не проявлялась при эксплуатации Паужетской ГеоЭС и Верхне-Мутновской ГеоЭС. Возможно, что это связано с особенностями геологического и гидрогеологического строения той зоны недр («очаг», «резервуар» и т. п.), откуда через скважины добывается теплоноситель. Вероятно, что такая проблема возникает при достижении некоего порогового объема изъятия парогидротерм из такой «зоны» определенного типа. Возможно, что у этой проблемы сложное многофакторное происхождение. Но научно обоснованные механизмы поведения природных геотермальных систем при разнохарактерных антропогенных воздействиях на их функционирование должны быть описаны до начала строительства промышленных объектов, эксплуатирующих эти системы, а не в период эксплуатации.

Этот аспект представляется определяюще важным для оценки проблемы в целом. Очевидно, что возможная связь (закономерная причинно-следственная, случайная, совпадение во времени и др.) между обратной закачкой сепарата и возможными изменениями количественных и качественных параметров теплоносителя не была достаточно изучена при предшествующих строительству геологических, гидрогеологических исследованиях и проектно-изыскательских работах. Этот аспект подробнее рассматривается при анализе вопроса 2.

*2) Обеспеченность действующих и планируемых объектов геотермальными природными ресурсами.*

2а) В настоящее время для получения представлений о процессах перемещения и трансформации потоков вещества и энергии, происходящих в очаге, из которого проектом определено извлекать теплоноситель, применяется «численная» модель, не дающая представления о пространственной и содержательной структуре этих очага и потоков.

На основе этой модели оказалось невозможным объяснить, например, результаты экспериментальной обратной закачки сепарата с трассером, менее чем через сутки после которой трассер был обнаружен во всех добычных скважинах.

2б) Сопоставление материалов научных разработок и геологоразведочных работ, выполненных до середины 1990-х гг., и данных, полученных при эксплуатации Мутновской ГеоЭС-50, дает основания для нескольких взаимоисключающих предположений, сделанных разными специалистами.

Мутновская ГеоЭС на 50 МВт недостаточно обеспечена природно-ресурсной базой, количественные и качественные параметры которой требуют уточнений. Изменения в этой базе являются причиной того, что Мутновская ГеоЭС не выходит на проектную мощность, давая около 35 МВт.

Природно-ресурсная база Мутновской ГеоЭС на 50 МВт за три года эксплуатации не изменилась. Основанием для этого предположения служат выводы из анализа данных наблюдений эксплуатирующей организацией за показателями теплоносителя, интерпретированными на основе расчетов его энтальпии. Для выработки суждений о дальнейшей возможной динамике параметров теплоносителя необходимы дополнительные исследования.

Технологические расчеты проектных решений Мутновской ГеоЭС – 50 МВт оказались завышенными. Основанием для этого предположения служит сопоставление фактически достигнутой мощности ГеоЭС с расчетной мощностью, а также с предположением о сохранении энергетических параметров теплоносителя, извлекаемого из осваиваемого геотермального очага.

Очевидная противоречивость этих предположений, в основании которых находятся одни и те же данные, обязывает сделать вывод о необходимости проведения дополнительных исследований, с привлечением не только новых данных, но и новых методов, а возможно, и с переосмыслением методологической базы исследований.

Необходимо использовать предоставляемые современными методами моделирования, системного анализа и т. п. возможности для построения (хотя бы укрупненной) пространственной динамической модели очага, который используется для обеспечения Мутновской ГеоЭС теплоносителем, с целью адекватного представления пространственных границ, объема, зон питания и разгрузки, энергетического и водного баланса, систем потоков вещества и энергии и т. п.

Целесообразно поручить исследования по этой теме двум и более не связанным между собой группам исследователей. Не исключено, что одна из причин недостаточной определенности прогнозов обеспеченности Мутновской ГеоЭС природно-ресурсной базой состоит в одновариантной интерпретации имеющихся данных на основе подходов одной научной школы. Не исключена необходимость открытой дискуссионной оценки всех возможных вариантов моделирования источника питания Мутновской ГеоЭС теплоносителем. В настоящее время известны ранее опубликованные или озвученные гипотезы: «одного резервуара», «нескольких несообщающихся очагов», «нескольких сообщающихся очагов», общего «безочажного» подземного водного потока, подпитки «резервуара» со стороны вулкана Горелого, подпитки «резервуара» из глубинных слоев с юго-восточного направления и т. п. Публичное их обсуждение позволило бы не только выявить многообразие точек зре-

ния, требующих учета при последующих исследованиях. Главная задача – определить объективно наиболее перспективные направления для поиска решений, гарантированно обеспечивающих устойчивое функционирование предприятий, осваивающих природно-ресурсный потенциал Мутновско-Гореловско-Вилучинско вулканогенного узла.

Краткие выводы проведенных исследований могут быть сформулированы следующим образом.

Для решения первоочередной задачи возможен открытый поверхностный сброс сепарата, отработанного на Мутновской ГеоЭС. Он рекомендуется в тех зонах, где исключено попадание сепарата в водоемы, имеющие рыбохозяйственное значение. Предпочтителен сброс отработанного теплоносителя через систему бассейнов-отстойников и охладителей с организацией извлечения вредных химических веществ, с созданием систем использования нового водного поверхностного объекта в рекреационных и иных целях; при этом необходимо учесть эрозионные и другие воздействия нового водотока. Этому должны предшествовать работы по выбору трасс стока и трубопроводов, проектированию, обоснованию и согласованию проектных решений.

Временный сброс сепарата в р. Фальшивую в объеме 150 м<sup>3</sup> может быть допущен при наличии благоприятных рыбоводно-биологических обоснований на базе данных гидрологического, гидрохимического и гидробиологического мониторинга.

Разработку и реализацию Программы комплексного биогидрогеохимического мониторинга следует организовать на достаточно большой территории и по системе показателей, достаточных для получения полной характеристики состояния затрагиваемых воздействиями природно-техногенных систем.

Главной проблемой, решение которой необходимо для надежного функционирования всей энергосистемы юга Камчатского края, является проблема обеспеченности действующих и проектируемых Мутновских ГеоЭС природно-ресурсной базой. Без объяснения и нейтрализации неустойчивости количественных и качественных параметров извлекаемого из недр теплоносителя рассмотрение возможности развития комплекса Мутновских ГеоЭС (новые блоки ГеоЭС, «бинарные» станции и т. п.), как и других направлений и технологий, – беспредметно.

Необходимы также дополнительные гидрогеологические исследования с целью выявления оптимальных зон для возобновления реинжекции отработанного теплоносителя, если это частное решение будет логично следовать из общего решения главной, названной выше проблемы. Реинжекция будет необходимой, если без нее нельзя гарантировать стабильность параметров теплоносителя, извлекаемого из недр. Реинжекция будет необходимой также, если исследования покажут, что длительный сброс отработанного теплоносителя может привести к непредвиденным в настоящее время экологическим последствиям или

снижает экономическую рентабельность деятельности предприятия. Но ответы на эти вопросы будут актуальными только после ответа на главный вопрос о судьбе действующих и проектируемых энергетических объектов на Мутновском месторождении парогидротерм.

На современном уровне знаний нет очевидных данных, которые позволяли бы с достаточной уверенностью утверждать – сколько по объему, с какими химико-физическими параметрами и какими способами может быть извлечено пароводяной смеси из недр для обеспечения названных технических объектов Мутновского энергетического комплекса технологически пригодным для их устойчивого функционирования природным ресурсом. Получение очевидных данных является задачей геологических, геофизических, геохимических исследований с привлечением не только новых технических методов изучения геологических структур, но и новых методов научной интерпретации материалов этого изучения.

Однако это проблема не только геологического изучения недр. В сложившейся ситуации это острейшая проблема энергообеспечения социально-экономического развития юга Камчатского края. Сложившийся в начале 1990-х гг. избыток энергогенерирующих мощностей Петропавловско-Елизовской агломерации стал постепенно снижаться и может в обозримое время обратиться в недостаток мощностей вследствие выбытия из эксплуатации неремонтируемых и нереконструируемых физически и морально устаревших технических установок. Проблема природно-ресурсной обеспеченности функционирования Мутновской ГеоЭС стала проблемой энергетической безопасности юга Камчатского края, проблемой определения стратегий инвестирования в развитие энергосистем Камчатки, проблемой надежности поставок энергетического продукта с Мутновской ГеоЭС вследствие сложности не только геологических и гидрогеологических, но и климатических условий, т. е. сложнейшей социально-экономической проблемой.

Социально-экономическая проблематика использования геотермальных природных ресурсов не исчерпывается этим перечнем практических задач (Моисеев, 1989, 2005). Значительное место в ней занимают вопросы, считающиеся в настоящее время в основном теоретическими, например такая, относящаяся к институциональному обеспечению недропользования сфера, как рентные отношения. С этой сферой связана не только относительно тривиальная деятельность по взиманию платежей за пользование недрами. С ней связаны и такие, более общие вопросы, как ответственность за качество прогноза, за качество количественных и качественных определений предлагаемых для энергетического освоения природных ресурсов. С этими вопросами связаны также определение степени общественных рисков при развитии энергетических структур, одно из основных требований к которым состоит в надежности поставок энергии, если эти структуры используют нена-

дежно определенную природно-ресурсную базу.

Таким образом, анализ частной проблемы утилизации отработанного теплоносителя с Мутновской ГеоЭС 50 МВт выявил сложную совокупность проблем, разнохарактерных по содержанию, временным параметрам и значимости. Представляется возможным и необходимым подчеркнуть специальному комплексному рассмотрению всю стратегию развития энергетики Камчатки с учетом уроков, получаемых в настоящее время при эксплуатации Мутновской ГеоЭС.

## ЛИТЕРАТУРА

**Асаулов Г.М.** и др. 1987. Отчет о результатах предварительной разведки на участке Дачный Мутновского месторождения парогидротерм с подсчетом запасов теплоносителя для обоснования проекта строительства первой очереди ГеоЭС мощностью 50 МВт (в 7 книгах), п. Термальный Камчатской обл.

**Забарный Г.Н., Гайдаров Г.М.** 1989. Роль геотермальной энергии в топливно-энергетическом комплексе Камчатской области // Препринт Камч. комплексного отд. института ВНИПИ Геотерм, г. Петропавловск-Камчатский. 153 с.

Заключение по гидрологическому режиму р. Фальшивая в расчетных створах I, II, III. Архивные матер. «АО КамчатГИСИЗ». 1998.

**Кирюхин А.В., Леонов В.Л., Словцов И.Б., Делемень И.Ф.** и др. 2003. Отчет по договору № 30 от 16.04.2003 г. с ОАО «Геотерм» «На получение дополнительной геологической информации по Мутновскому месторождению парогидротерм в целях обеспечения теплоносителем Мутновской ГеоЭС мощностью 50 МВт», 66 с. // х.д. АО «Геотерм» № 30 от 16.04.2003 (фонды АО «Геотерм»).

**Кирюхин А.В., Такахашаи М., Поляков А.Ю.** и др. 1998. Исследование условий водного питания Мутновского геотермального месторождения с использованием данных по изотопии кислорода ( $^{18}\text{O}$ ) и водорода ( $\text{D}$ ) // Вулканология и сейсмология. № 4–5. С. 54–62.

**Моисеев Р.С.** 1989. О комплексном подходе к освоению геотермальных ресурсов // Матер. Межд. Геотермального семинара в России, МГС–2004 (10–14.08. 2004 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский. С. 153.

**Моисеев Р.С.** 2005. Эколого-экономические проблемы освоения топливно-энергетических ресурсов Камчатской области // Вопр. географии Камчатки. Вып. 11. С. 25–31.

Отчет Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН о выполненных работах по комплексному экологическому мониторингу в районе строящейся Мутновской ГеоЭС, 2001.

Отчет КФ ТИГ ДВО РАН «О выполненных в 2002 г. работах по программе комплексного экологического мониторинга на территории строительства Мутновской ГеоЭС». Т. 1, 2, 2003.

Отчет Паратунской гидрогеологической экспедиции «О производстве детальных поисковых работ на Мутновском месторождении парогидротерм с подсчетом запасов теплоносителя для обоснования проекта строительства первой очереди геотермальной электростанции мощностью 50 МВт», 1987.

Отчет по разработке вариантов утилизации отработанного теплоносителя на Мутновской ГеоЭС и по оценке обоснований временного разрешения на сброс в р. Фальшивая. КФ ТИГ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2005.

Ресурсный потенциал Камчатки. Петропавловск-Камчатский : АО «Камчатка», 1994. 153 с.

**Чернев И.И.** 2004. Пакет геологической информации по Мутновскому месторождению парогидротерм. Петропавловск-Камчатский, 111 с. (Архив ОАО «Геотерм»).