

## Отзыв

на автореферат диссертационной работы **Черкасова Сергея Владимировича** «Методологические основы создания и эксплуатации природно-техногенных систем геотермальной энергетики», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

На настоящий время в геотермальной энергетике существуют технологии прямого использования геотермальных ресурсов (использование теплоэнергетических вод для получения тепловой энергии – гидротермальные системы), и технологии производства электроэнергии (искусственные геотермальные системы – EGS и геотермальные системы на природных пароводяных смесях, петро- и гидротермальные системы, соответственно).

При этом хотелось бы отметить, что отставание России в области геотермальной энергетики обусловлено не только избытком углеводородов и мультидисциплинарностью отрасли, но и наличием не менее перспективных источников энергии – ядерных. Российская Федерация занимает одно из ведущих мест в ядерной энергетике и по числу стартапов в этой сфере в разы превышает среднемировой уровень (16.7% мирового экспорта ядерных технологий). Это косвенно указывает на серьезную базу в получении источников энергии, не связанных с углеводородами, но уже активно используемых по всему миру и быстро развивающихся. Так что вывод о том, что общая тенденция ухода от УВ-энергетики ведёт к росту перспектив использования геотермальной энергии, достаточно оптимистичен и несёт в себе больше теоретическое значение.

Возможно, отставание в этой области обусловлено и слабыми предпосылками для геотермальной энергетики в РФ (небольшие геотемпературные градиенты, редкие сочетания горячих вод с низкой минерализацией и т.д.), что делает такой вид получения энергии очень ситуативным для нашей страны.

При этом работа, направленная на устранение данных факторов, является актуальной и своевременной.

Цель, идея и научные положения отвечают заявленному паспорту специальности.

Научная новизна работы состоит в:

- разработке:
  - генерализованной актуализированной классификации геотермальных ресурсов по способам их использования, с помощью которой определены наиболее перспективные на настоящий момент способы использования геотермальной энергии и систематизированы геоэкологические риски геотермальной энергетики;
  - методологии создания и эксплуатации объектов геотермальной энергетики на основе подхода к геотермальным системам теплоотбора как к природно-техногенным системам;
  - программы исследований эффекта остаточного дебита циркуляционной системы теплоотбора;
- научном обосновании:
  - эффекта остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы и определены перспективы его использования для оптимизации взаимодействия природных и техногенных геотермальных подсистем;
- предложении:

- способа интерпретации данных беспилотной инфракрасной съёмки, обеспечивающего выделение тепловых аномалий, связанных с технологическими и аварийными разливами теплоносителя в процессе эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод.

Обоснованность и достоверность теоретических положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Научное значение работы состоит в предложении подхода к системам теплоотбора геотермальной энергетики как к природно-техногенным системам, на основе которого разработана методология создания геотермальных природно-техногенных систем, научном обосновании эффекта остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы и определении перспектив его использования для повышения эффективности природно-техногенных геотермальных систем.

Практическая ценность работы состоит в актуализации классификации геотермальных ресурсов на основе существующих российских и зарубежных классификаций с использованием в качестве основного классификационного критерия способа использования тепла Земли, разработке методологии создания природно-техногенных гидротермальных систем, обеспечивающих оптимизацию взаимодействия природной и техногенной подсистем, разработке программ исследований эффекта остаточного дебита и опробовании способа интерпретации результатов беспилотной инфракрасной аэросъёмки, обеспечивающей обнаружение утечек на скважинах и в системе трубопроводов.

***В качестве замечаний следует отметить:***

1. Одна из задач, решаемая автором, подразумевает определение **наиболее** эффективных (а не просто эффективных) технологий геотермальной энергетики. Понятие «эффективность», применительно к энергетике, несёт в себе в том числе и экономический смысл. Поэтому без сравнения стоимости получения энергии с уже используемыми источниками не позволяет корректно определить направления исследований!

2. В автореферате упомянуты сроки окупаемости некоторых видов геотермальных электростанций, но каждую технологию надо рассматривать отдельно в конкретных условиях и сравнивать с другими доступными источниками энергии. А так, эффективность всех установок чисто теоретическая.

3. В описании третьей главы (геоэкологические аспекты) приводятся риски использования гидро- и петротермальной энергетики, их способы минимизации. В автореферате не рассмотрены вероятные последствия аварий и возможности их устранения, учитывая, что в толще пород не так уж просто предпринимать какие-то действия, тем более, оперативные!

4. Из текста автореферата не понятно, как учитывался фактор влияния водоотбора на запасы гидротермальных вод. Не определены подходы и критерии максимально допустимого водоотбора, не разработаны критерии отнесения сработанности пласта.

5. При функционировании опытной гидротермальной установки не приведена информация о расположении эксплуатационных и закачных скважин относительно направления естественного потока подземных вод.

6. При объяснении природы формирования гидротермальных вод, не учитывается структурно-тектонический фактор, а также тот факт, что основной причиной нагрева подземных вод на Ханкальском месторождении являются геологические процессы связанные прежде всего с тектоникой литосферных плит, сопряжённые в данном месте с коллизийными процессами и динамометаморфизмом.

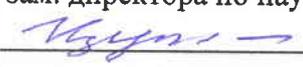
7. В работе отсутствует информация о стратификации и корреляции фиксируемых гидротермальных источников и геологических процессов, приводящих к их формированию. Приводится только весьма обобщенная информация.

Замечания не влияют на положительную оценку работы, которая в целом является законченным исследованием, имеющим существенное значение для дальнейшего использования в научной и практической деятельности в области геотермальной энергетики.

Работа соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ и соответствует специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, а её автор, Черкасов Сергей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Заместитель директора по научной  
работе института «Якутнипроалмаз», д.т.н.  
АК «АЛРОСА» (ПАО)  
E-mail: [ZyryanovIV@alrosa.ru](mailto:ZyryanovIV@alrosa.ru)  
Тел. +7(914)252-83-69

Зырянов Игорь Владимирович

Подпись зам. директора по научной работе И.В. Зырянова  
заверяю  Г.Л. Шуркан 5.05.2020  
начальник группы документооборота, комплексного отдела вспомогательного производства  
института «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО).

Почтовый адрес организации: 678175, респ. Саха-Якутия, г. Мирный, ул. Ленина 39,  
тел. +7(41136)3-14-06, факс +7(41136)3-19-92, e-mail: [institute-yna@alrosa.ru](mailto:institute-yna@alrosa.ru)

