

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра высшей математики и физики
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Бакалаврская работа

тему Оценка влияния геотермальных электростанций на окружающую среду

Исполнитель Кришнева Ева Максимовна

Руководитель доктор технических наук, профессор

Дьяченко Наталия Владимировна

ашите допускаю»

дующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

Зайцева Ирина Владимировна

«01» июня 2023г

Санкт-Петербург

2023 г.

Оглавление

Введение.....	2
Глава 1 Геотермальные электростанции.....	4
Глава 2 Экологические аспекты использования геотермальной энергии	25
2.1 Тепловое загрязнение окружающей среды.	26
2.2 Загрязнение окружающей среды компонентами геотермальных вод и паров	29
2.3 Развитие опасных геологических процессов и явлений	37
2.4 Влияние на микроклимат.	40
2.5 Выброс парниковых газов.....	41
2.6 Негативное воздействие на почвенно-растительный покров и животный мир.....	42
2.7 Уничтожение при строительстве ГеоТЭС природных геотермальных объектов, снижение их рекреационного и видеозэкологического потенциалов.	44
2.8 Временное и безвозвратное изъятие участков природной среды, урбанизация территории.	46
Заключение	49
Список использованных источников	50

Введение

Энергообеспеченность общества - основа его научно-технического прогресса, ее соответствие потребностям человека является важным фактором экономического и социального развития регионов и стран в целом. Чем быстрее развивается мировое хозяйство, тем больше энергии требуется человеку, добыча этой энергии должна быть непрерывна, надежна и иметь перспективу.

На данный момент основными используемыми источниками энергии являются нефть, уголь и газ. На сегодняшний день примерное количество данных ресурсов оценивается в 500 млрд т, 15мтрлн т и 400 трлн м соответственно, а значит при современном соотношении добычи и расхода запасов нефти хватит на 42 года, угля на 400 лет и газа на 61 год при том, что стоимость их добычи будет непременно и непрерывно расти [1]. Вместе с тем большие опасения человечества вызывают и экологические последствия добычи и использования традиционных источников энергии. В связи с этим возникает необходимость не только поменять систему их использования, но и внедрять нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

К такой альтернативной энергетике относят ветровую, солнечную, геотермальную энергию и энергию мирового океана. Их использование не ограничено, поскольку ресурс их полностью возобновляем.

Из всех вышеперечисленных альтернативных источников энергии наиболее удобным, распространенным и дешевым является геотермальная энергия. Тепло генерируется естественными процессами, оно доступно практически круглый год и не зависит от погодных условий или колебаний цен на энергоресурсы. Все эти качества позволяют надеяться, что геотермальная энергетика займет свое надежное место в поставках энергии этого и последующих столетий.

Существует мнение, что геотермальная энергетика наиболее безопасный для экологии способ получения энергии, однако оно связано по большей части с тем, что экологические аспекты эксплуатации ГеоТЭС очень специфичны и не

присущи другим видам производственной деятельности, а соответственно не так хорошо изучены. Вместе с тем геотермальная энергия по самой своей сути теснейшим образом связана с окружающей средой, происходит из нее и возвращается в нее, поэтому возникает насущная необходимость оценить экологические последствия добычи и использования геотермального тепла на природу и живой мир.

Цель данной работы – проанализировать экологическое влияние геотермальных электростанций на окружающую среду, установленное к настоящему моменту, и сравнить с воздействием других электростанций.

Задачи работы:

- оценить имеющиеся запасы геотермальной энергии и возможности их получения;
- описать устройство большинства ГеоТЭС и выявить экологические аспекты при их построении и функционировании;
- проанализировать имеющиеся данные по загрязнению окружающей среды;
- обрисовать современное состояние с геотермальной энергетикой.

Глава 1 Геотермальные электростанции

Для получения геотермальной энергии задействуется естественное тепло, производимое в глубине земных недр. Этот процесс осуществляется путем бурения скважин до горячих геотермальных источников и использования полученной тепловой энергии для генерации электроэнергии или обогрева помещений.

В зависимости от глубины и температуры источника геотермальной энергии (градиент составляет 1 градус на каждые 36 метров расстояния) ее можно использовать как для маломощных индивидуальных систем обогрева и охлаждения, так и для крупных геотермальных электростанций.

В ходе исследований ученые выяснили, что в самом центре нашей планеты, а именно в ядре температура составляет примерно 6650 градусов Цельсия и выше, однако ядро постепенно остывает, на несколько сотен градусов каждые миллиард лет. Из всего тепла, содержащегося в планете Земля, всего 2% приходится на слой земной коры, все остальное несет в себе мантия и ядро. Тем не менее этого тепла вполне хватит для обеспечения потребностей населения да долгие-долгие годы. Самым удачным местом для расположения геотермальной электростанции будет место стыка континентальных плит, где толщина земной коры самая маленькая [2].

Известно, что с глубиной скважины возрастает и температура, и существуют такие места, где этот градиент намного выше обычного. Как правило это места столкновения тектонических плит, здесь повышение температуры происходит в разы быстрее. Добыча такой энергии обходится гораздо дешевле, поскольку сокращаются затраты на буровые установки. В некоторых точках вода уже необходимой температуры выходит на поверхность, как в случае с гейзерами, именно здесь и ставятся электроустановки в первую очередь. Районы, благоприятные для строительства геотермальных станций, показаны на рисунке 1 [3].

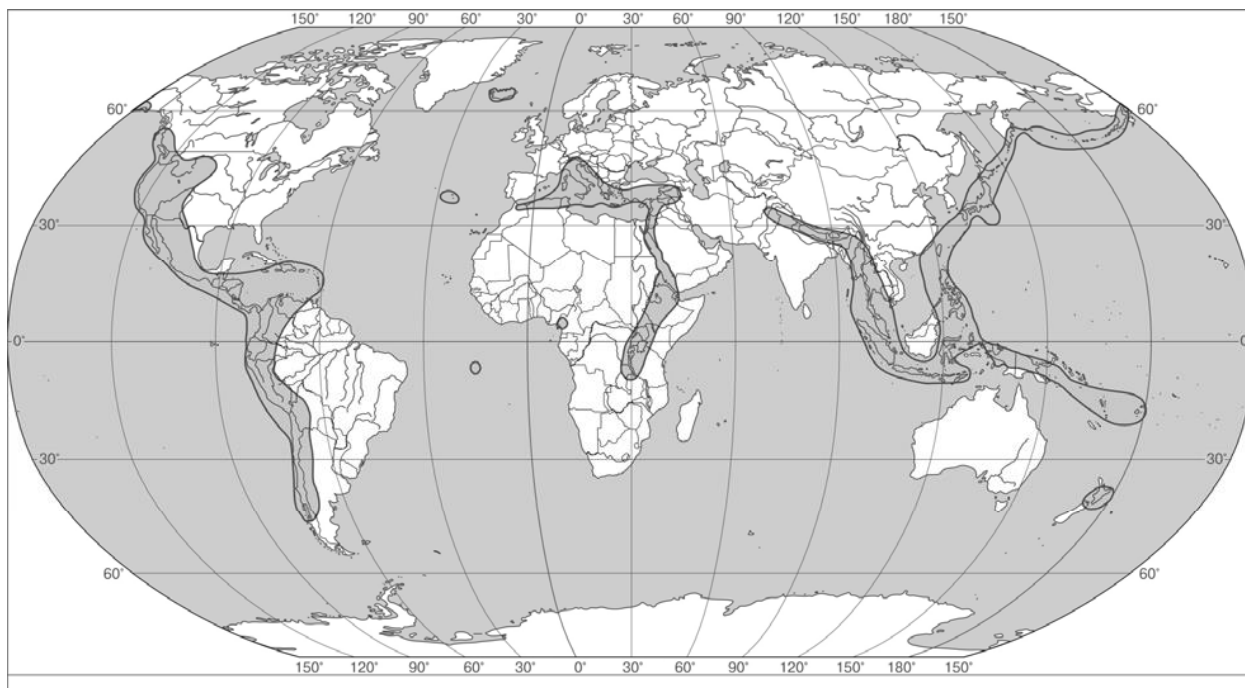


Рисунок 1 – Высокотемпературные геотермальные провинции

В случае, когда вода находится максимально близко к земной коре и ее температура имеет значения выше 140 – 150 градусов, в следствие чего выходит на поверхность в состоянии водяного пара, экономически эффективно применить геотермальную энергию на выработку электричества (Таблица 1) [4].

Таблица 1 - Соотношения значений температур и способов применения геотермальной энергии

Значение температуры воды, °C	Область применения
Более 150	Выработка электроэнергии
Менее 100	Системы отопления зданий
Около 60	Системы горячего водоснабжения
Менее 60	Теплоснабжение теплиц, геотермальные холодильные

	установки и т.п.
--	------------------

Резервы геотермальной энергии подсчитаны для каждого из континентов нашей планеты, данные по этой оценке представлены в таблице 2

Таблица 2 Геотермальный потенциал низко - и высокотемпературной энергии

Наименование континента	Тип геотермального источника:		
	Высокотемпературный, используемый для производства электроэнергии, ТДж/год		Низкотемпературный, используемый в виде теплоты, ТДж/год (нижняя граница)
	традиционные технологии	традиционные и бинарные технологии	
Европа	1830	3700	>370
Азия	2970	5900	>320
Африка	1220	2400	>240
Северная Америка	1330	2700	>120
Латинская Америка	2800	5600	>240
Океания	1050	2100	>110
Мировой потенциал	11200	22400	>1400

Проанализировав эту таблицу можно сделать вывод что потенциал геотермальных источников энергии просто огромен, несмотря на это, его эксплуатация в мире весьма незначительна. Энергетический баланс энергии, используемой современной цивилизацией, по типу источников можно

классифицировать следующим образом. Ископаемые топлива всех типов составляют 85% от общего потребления. Энергия атомных превращений (атомные энергетические установки, включая судовые) - 6%. Возобновляемые источники энергии (включая гидроэлектростанции) - 8%. Если из баланса возобновляемых источников энергии вычесть гидроэлектростанции, то в целом их доля в общем балансе Земли составит примерно всего лишь 1,6%.

В табл. 3 приведены данные по запасам на Земле невозобновляемых и возобновляемых источников энергии.

Таблица 3 – Природные ресурсы и их запасы

№	Наименование источника энергии	Общие запасы, кВт*ч
Невозобновляемые ресурсы		
1	Термоядерная энергия	10^{20}
2	Ядерная энергия деления	$5,47 * 10^{17}$
3	Химическая энергия ископаемых органических горючих веществ	$5,5 * 10^{16}$
Возобновляемые ресурсы		
4	Энергия морских приливов	$7 * 10^{16}$
5	Энергия падающих на Землю солнечных лучей	$5,8 * 10^{17}$
6	Энергия ветра	$1,7 * 10^{15}$
7	Внутреннее тепло Земли	$1,34 * 10^{14}$
8	Энергия рек	$1,8 * 10^{13}$
9	Энергия атмосферного электричества	$8,5 * 10^5$

Отмеченная мощность геотермальных электростанций не превышала 6000 МВт на конец 20 - начало 21 века, что сильно проигрывало другой альтернативной энергетике по данному показателю, однако в последние годы многие страны приняли программы по поддержке развития геотермальной энергетики.

Отметим, что геотермальные ресурсы разведаны в 80 странах мира и в 58 из них активно используются. Наиболее развитой в этой области является Япония, где более 20% генерируемой электроэнергии производится благодаря геотермальным источникам. Значительный вклад в развитие геотермальной энергетики вносят США. В 2005 году на ГеоТЭС было выработано около 16 млрд. кВт·ч электроэнергии в таких основных промышленных зонах, как зона Больших гейзеров, расположенная в 100 км к северу от Сан-Франциско (1360 МВт установленной мощности), северная часть Соленого моря в центральной Калифорнии (570 МВт установленной мощности), Невада (235 МВт установленной мощности) [5]. Кроме того геотермальная энергетика стремительно развивается в ряде других стран, таких как Италия, Исландия, Новая Зеландия, Франция, Китай и другие страны. Список стран лидеров по активному использованию геотермальной энергетики представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Данные по номинальной электрической мощности в различных странах мира

Страна	Установленная мощность по странам [7, 8], МВт		Доля в национальном производстве, %
	2007 г.	2010 г.	
США	2687	3086	0,3
Филиппины	1969,7	1904	27%
Индонезия	992	1197	3,7%
Мексика	953	958	3%
Италия	810,5	843	
Новая Зеландия	471,6	628	10%
Исландия	421,2	575	30%
Япония	535,2	536	0,1%
Сальвадор	204,2	204	14%
Кения	128,8	167	11,2%
Коста-Рика	162,5	166	14%
Никарагуа	87,4	88	10%
Россия	79	82	
Турция	38	82	
Папуа-Новая Гвинея	56	56	
Гватемала	53	52	
Португалия	23	29	
КНР	27,8	24	
Франция	14,7	16	
Эфиопия	7,3	7,3	
Германия	8,4	6,6	
Австрия	1,1	1,4	
Австралия	0,2	1,1	
Тайланд	0,3	0,3	
Всего	9731,9	10709,7	

Чтобы сделать информацию более наглядной, были использованы три таблицы и три рисунка. В таблице 5 представлены минимальные показатели для трех ключевых параметров выработки геотермальной энергии за период с 2015 по 2020 годы. А в таблице 6 обозначены страны, которые в настоящее время создают геотермальную электроэнергию, а также несколько стран, имеющих предпосылки к выработке энергии данного вида в будущем (Таблица 7).

Таблица 5 – Мировое производство геотермальной электроэнергии за 2015-2020 годы

Параметр	Значение
Общее количество скважин, пробуренных для энергетических проектов, шт	1159
Финансовые средства, потраченные на энергетические проекты, \$ млрд	10,367
Количество человеко-лет, выделенных на реализацию энергетических проектов	30 491

Таблица 6 – производство геотермальной электроэнергии в странах мира (2015-2020)

№	Страна	Мощности ГеоЭС (на 2015 год), МВт	Энергия (на 2015 год), ГВт-ч/год	Мощности ГеоЭС (на 2020 год), МВт	Энергия (на 2020 год), ГВт-ч/год	Прогноз (на 2025 год), МВт	Прирост (с 2015 года), МВт
1	Австралия	1,1	0,5	0,62	1,7	0,31	-0,48
2	Австрия	1,4	3,8	1,25	2,2	2,2	-0,15
3	Аргентина	0	0	0	0	30	0
4	Бельгия	0	0	0,8	2	0,2	0,8
5	Венгрия	0	0	3	5,3	3	3
6	Гватемала	52	237	52	237	95	0
7	Германия	27	35	43	165	43	16
8	Гондурас	0	0	35	297	35	35
9	Индонезия	1340	9600	2289	15315	4362	949
10	Исландия	665	5245	755	6010	755	90
11	Италия	916	5660	916	6100	936	0
12	Кения	594	2848	1193	9930	600	599
13	Китай	27	150	34,89	174,6	386	7,89
14	Коста-Рика	207	1511	262	1559	262	55
15	Мексика	1017	6071	1005,8	5375	1061	-11,2
16	Никарагуа	159	492	159	492	159	0
17	Новая Зеландия	1005	7000	1064	7728	200	59
18	Папуа — Новая Гвинея	50	432	11	97	50	-39
19	Португалия	29	196	33	216	43	4
20	Россия	82	441	82	441	96	0
21	Сальвадор	204	1442	204	1442	284	0
22	США	3098	16 600	3700	18 366	4313	602
23	Тайвань	0,1	1	0,3	2,6	162	0,2
24	Турция	397	3127	1549	8168	2600	1152
25	Филиппины	1870	9646	1918	9893	2009	48
26	Франция	16	115	17	136	≈25	1
27	Хорватия	0	0	16,5	76	24	16,5
28	Чили	0	0	48	400	81	48
29	Эфиопия	7,3	10	7,3	58	31,3	0
30	Япония	519	2687	550	2409	554	31
Итого		12 283,9	73 550,3	15 950,46	95 098,40	19 177,01	3666,56

Таблица 7 – Перспективное дополнительное производство геотермальной электроэнергии в некоторых странах мира (2015-2020)

№	Страна	Мощности ГеоЭС (на 2015 год), МВт	Прогноз (на 2025 год), МВт	№	Страна	Мощности ГеоЭС (на 2015 год), МВт	Прогноз (на 2025 год), МВт
1	Греция	0	30	6	остров Невис	0	9
2	остров Доминикана	0	7	7	остров Сент-Винсент	0	10
3	Иран	0	5	8	остров Сент-Люсия	0	30
4	Канада	0	10	9	Эквадор	0	50
5	остров Монтсеррат	0	3	Итого суммарно по всем странам		12 283,9	19 331,01

Измеряемые параметры геотермальной энергетики представлены на рисунках 2 и 3. Рисунок 1 иллюстрирует динамику общего установленного количества энергии за единицу времени на планете с 2010 года, а на рисунке 2 видно как менялась мощность каждые пять лет, в процентах.

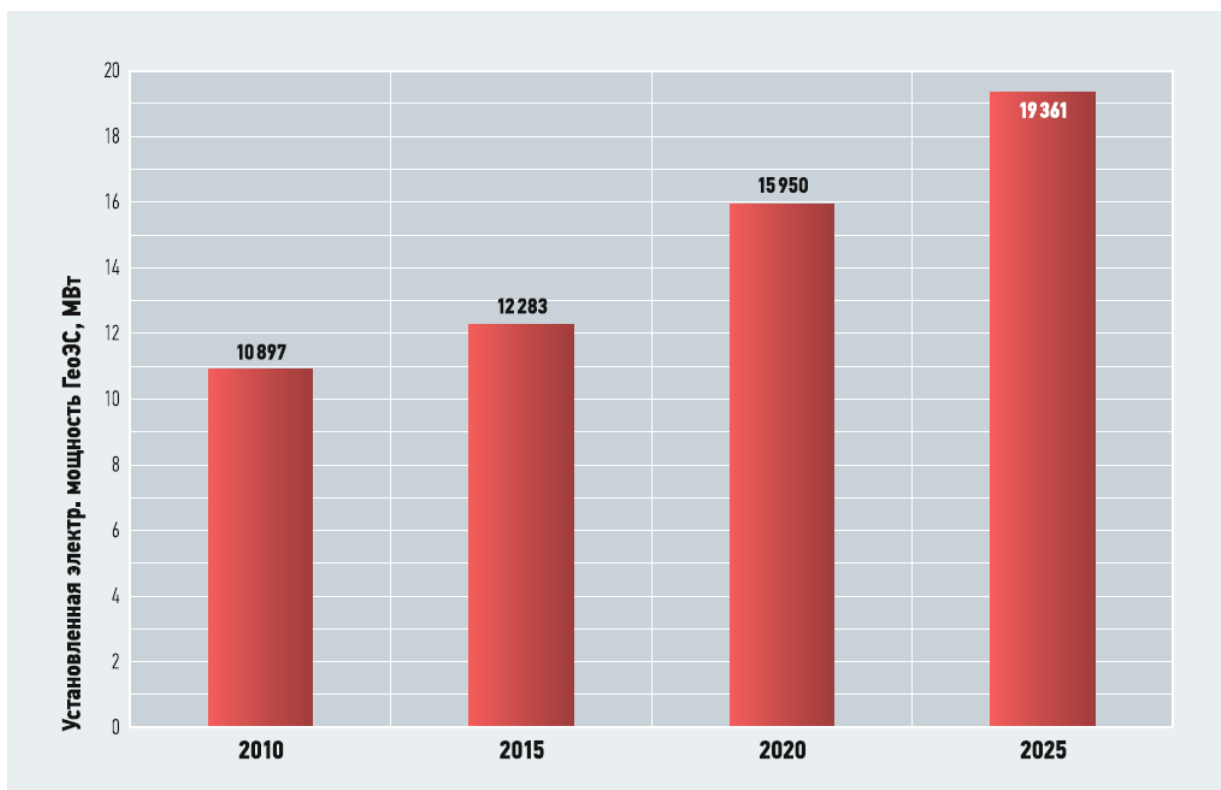


Рисунок 2 - Общая установленная мощность ГеоЭС в мире с 2010 по 2025 годы

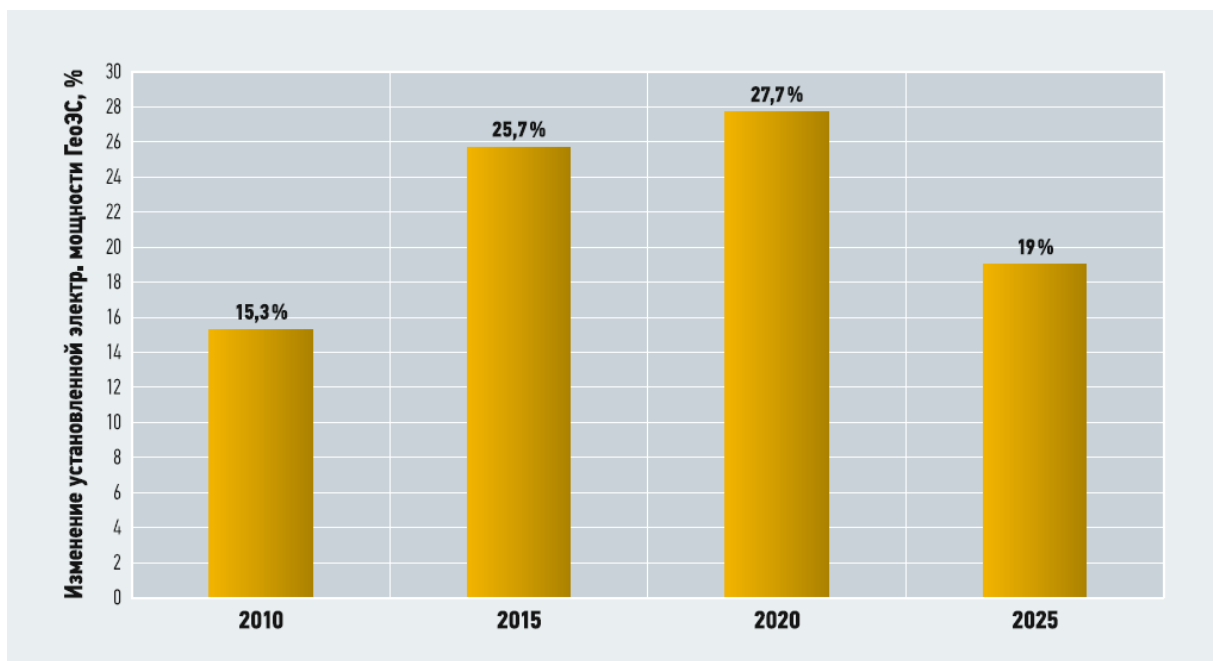


Рисунок 3 - Изменение установленной мощности за период 2010–2025 годов

К 2025 году наблюдается небольшой спад прогнозируемого увеличения мощности. По всей видимости, это связано с конкурентным ценообразованием со стороны солнечной энергии, ветряной энергией и энергией от использования природного газа, а также нерешительностью правительств многих государств в серьез заняться разработкой и планированием геотермальных установок. Прогнозируемый Мировым энергетическим советом (WEC), в соответствии с тремя сценариями (оптимистичным, базовым и пессимистичным) темп роста среднегодовой мировой геотермальной энергетики в период с 2015 по 2060 годы составит примерно 5,4; 4,6 и 3,4%, соответственно [6]. Даже при оптимистичном сценарии развития темпы роста будут намного ниже 19%, проиллюстрированных на рисунке 3, для прогноза на 2020–2025 годы. Последний показатель может показаться довольно оптимистичным, но он основан на планах и оценках, представленных авторами обновлённых документов по странам.

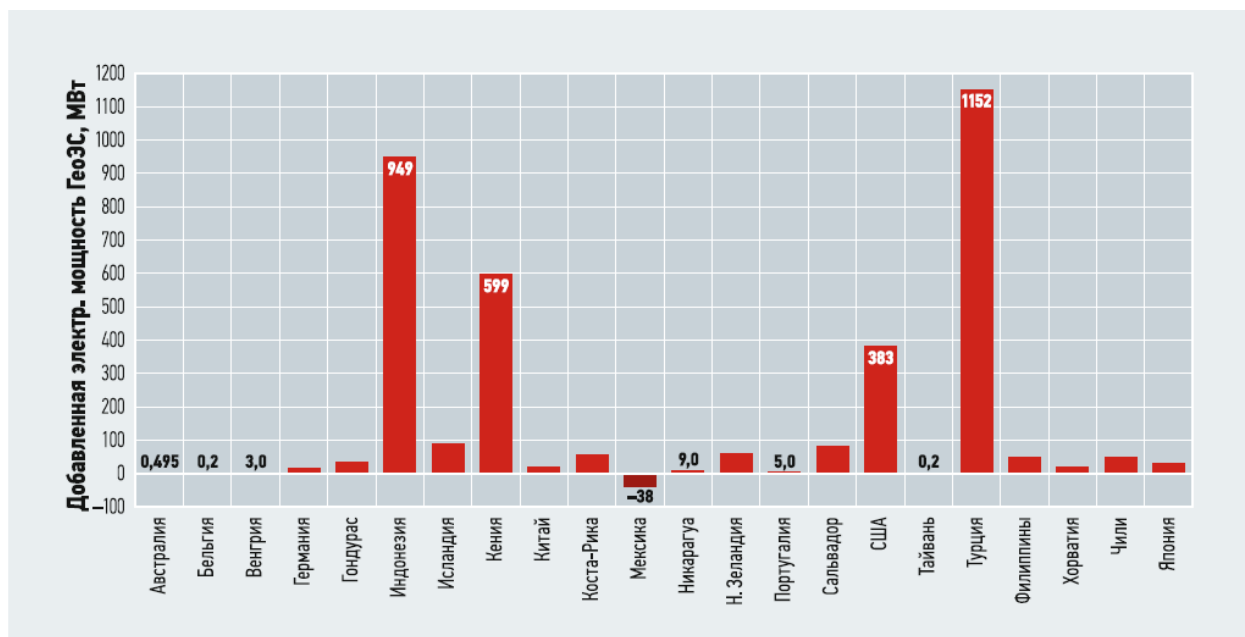


Рисунок 4 - Геотермальные мощности, добавленные с 2015 года всеми странами

На рисунке 4 представлена зафиксированная за несколько лет электрическая мощность в странах, где уже построены и работают как минимум одна геотермальная электростанция.

В России геотермальная энергия используется уже более 100 лет, но ее производство на промышленной основе началось только после Второй мировой войны. Долгие годы геотермальная энергия в России составляла всего 0,1% от общего объема производства электроэнергии, хотя имеются оценки по которым потенциал геотермальной энергетики в разы превышает ресурсы органического топлива. К 2020 году этот процент возрос до значения 0,3 [7]. Наибольший прирост мощности начался с 2015 года и составил 750 МВт и посредством термальных ресурсов земли вырабатывается до 5 млрд. кВт·ч электроэнергии. Динамика геотермальных мощностей в эти годы представлена на рисунке 5.

Мощность, МВт

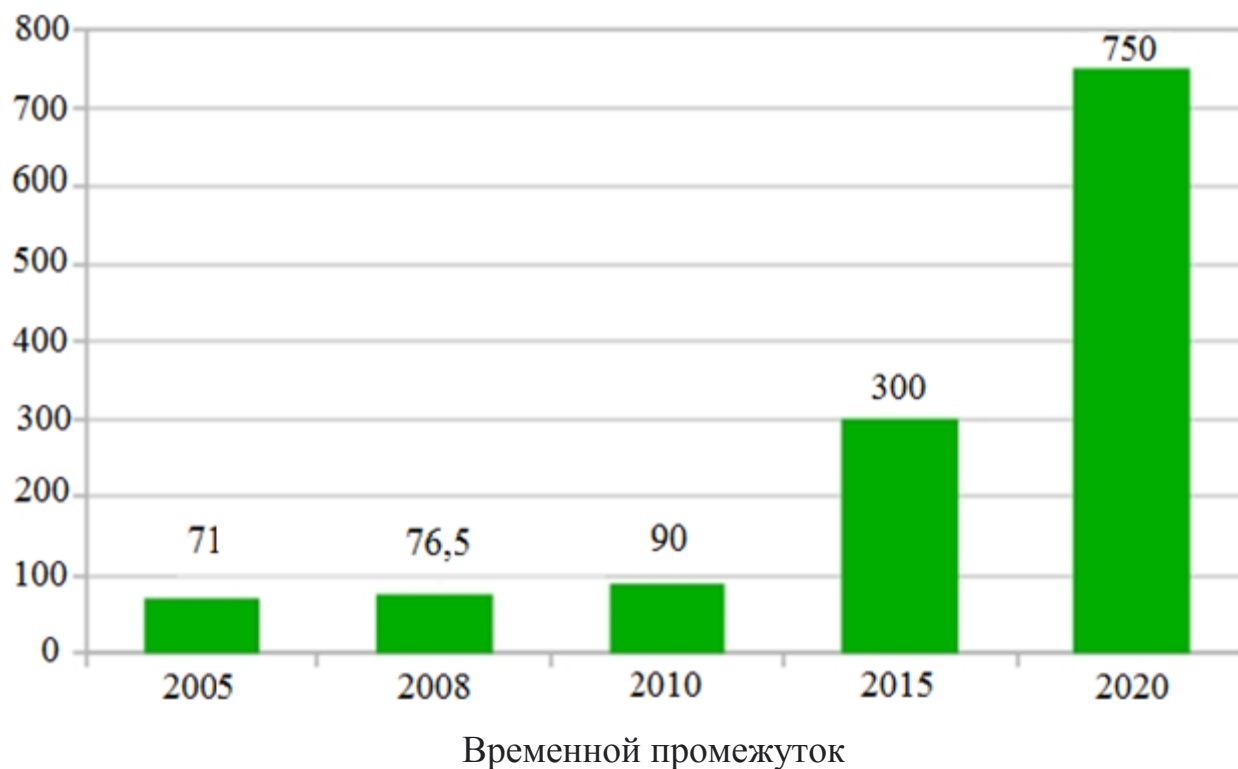


Рисунок 5 - Динамика ввода новых мощностей, МВт.

На территории России есть несколько геотермальных месторождений, которые можно использовать для выработки электроэнергии. Однако самих геотермальных электростанций работает четыре, три из них находятся на Камчатке, и одна на Курильских островах. Всего в Камчатском крае насчитывается более 20 месторождений, это регион обладающий невероятными запасами геотермальной энергии и способен выдать мощность более двух тысяч МВт, что позволит обеспечивать край теплом и электроэнергией в течение 100 лет [8]. Такие запасы обусловлены геологическими особенностями региона, в котором расположены различные вулканы и гейзеры. Геотермальная энергия в этом регионе уже давно используется для выработки электроэнергии и обогрева зданий.

Одним из крупнейших является Паужетское геотермальное месторождение, которое эксплуатируется с 1966 года, на данный момент

месторождение насчитывает 22 скважины, глубины которых составляют от 405 до 1205 метров, но лишь 10 из них действующие с совокупным расходом пара 27,1 кг/с, этого хватает оснащения электрической мощности до 10,9 МВт [9].



Рисунок 6 – Скважины Паужетского геотермального месторождения

На станции были установлены две паровые турбины мощностью 2,5 МВт каждая, переделанные персоналом станции из серийных машин Калужского турбинного завода (КТЗ). Оригинальная конструкция смешивающего конденсатора с речной водой обеспечивала устойчивую работу станции. Паужетская ГеоТЭС, первая в нашей стране, строилась два года и 19 августа 1966 года была введена в эксплуатацию. Она работает и в наши дни. На рисунке 7 представлен машинный зал.



Рисунок 7 – Машинный зал Паужетской ГеоТЭС

Во многих случаях подземная энергия применяется в двух видах:

Первый вид - это тепловая энергия, которая получается из глубинных теплоносителей, таких как гейзеры, горячие источники, подземные воды и т.д. Эта энергия может быть использована для производства электроэнергии, обогрева домов и других целей.

Второй вид - это геотермальная энергия, которая получается из глубинных горных пород, где присутствует высокое давление и температура. Эта энергия может быть использована для нагнетания пара в турбинах и генераторах, чтобы производить электроэнергию.

Примером успешного использования геотермальных ресурсов можно назвать Исландию, где около 90% потребляемой энергии производится из геотермальных источников. В стране насчитывается более 20 геотермальных

электростанций, которые обеспечивают электричеством и теплом все население Исландии. Благодаря этому страна смогла снизить свою зависимость от импорта топлива и значительно улучшить экологическую обстановку.

В России также имеются месторождения геотермальных ресурсов, основными из которых являются Камчатка и Карачаево-Черкесия. В Камчатском крае уже давно функционирует геотермальная электростанция, которая обеспечивает электроэнергией более 12 тысяч домов в округе. Более того, в регионе развивается градостроительный проект "Термальный Камчатский край", целью которого является создание современных домов, использующих геотермальную энергию для отопления и горячего водоснабжения.

Таким образом, использование геотермальной энергии является эффективным и экологически чистым способом производства электроэнергии и тепла. Учитывая наличие большого количества геотермальных ресурсов в различных регионах мира, их использование может стать важным шагом на пути к устойчивому развитию и снижению зависимости от ископаемых топлив.

Способы получения подземной тепловой энергии:

Из сухой породы в разогретом состоянии. В натуральные резервуары, состоящие из сухих твердых материалов, закачивается вода под высоким давлением. Она увлажняет поры и трещины, после чего нагревается и превращается в пар или горячую воду.

Магма. Расплавленная масса (до температуры 1200 градусов), находящаяся под земной корой. Иногда она в малых количествах оказывается достаточно близко к земной поверхности, настолько близко, что в теории ее можно использовать, как источник тепла, но данный метод возможен лишь в теории и находится в стадии разработки.

Горячие воды. Содержат в себе растворенный метан и находятся достаточно близко к поверхности при неизменном давлении. В таком случае электроэнергия может быть произведена как при помощи тепла, так и при помощи газа растворенного в воде.

Распространено мнение, что геотермальная энергетика является экологически безопасной, по крайней мере в сравнении с другими, традиционными методами добычи энергии. Такое мнение, в целом, можно назвать верным, ведь при производстве электроэнергии не используются ископаемые виды топлива, такие как уголь, нефть и газ, а следовательно в атмосферу не выбрасывается такого количества вредных веществ. Однако такой оптимистический взгляд объясняется в основном тем, что данная проблема менее изучена, поскольку применяемые экологические аспекты для проектирования, возведения и эксплуатации геотермальных электростанций не свойственны никаким другим видам производственной деятельности.

Как и у любого вида энергии, геотермальная энергетика имеет определенные ограничения и проблемы, которые в свою очередь весьма неоднородны, поскольку многое зависит от географических факторов, используемых технологий и местных условий, где планируется возвести и эксплуатировать геотермальную электростанцию.

Учитывая эти особенности, обеспечение экологической безопасности представляет достаточно важную и сложную проблему, и чтобы ее решить нужно выявить основные экологические аспекты геотермальной электростанции и произвести оценку влияния на окружающую среду, где планируется строительство и эксплуатация ГеоТЭС.

Помимо этого, проведение анализа экологических аспектов проектной документации позволяет создать совокупность природоохранных мероприятий

по избежанию нежелательных экологических и социально-экологических последствий.

Выявление экологических аспектов и разница влияния электростанции на окружающую среду, напрямую связано каким именно образом будет эксплуатироваться геотермальная электростанция. Следовательно, необходимо сначала разобраться какие геотермальные электростанции существуют и принцип действия каждого из этих типов. Всего существует три вида производства электроэнергии на геотермальных объектах при помощи гидротермальных ресурсов:

1. Прямая схема, где работает пар в сухом виде;
2. Непрямая, в которой задействованы свойства водяного пара;
3. Бинарная (смешанная).

Выбор конкретного метода зависит от многих факторов, включая наличие геотермальной среды (в каком состоянии она находится – водяном или паровом) , ее температуру и состав, а так же экономические и технические возможности. Изначально, самые первые электростанции работали по первому варианту, когда пар подавался сразу в турбину, однако позже стал использоваться в основном второй метод, при котором вода под давлением поступает в бак генераторной установки, находящейся на поверхности. При такой схеме непосредственного контакта между генератором и водой с паром не происходит. Рассмотрим каждый метод.

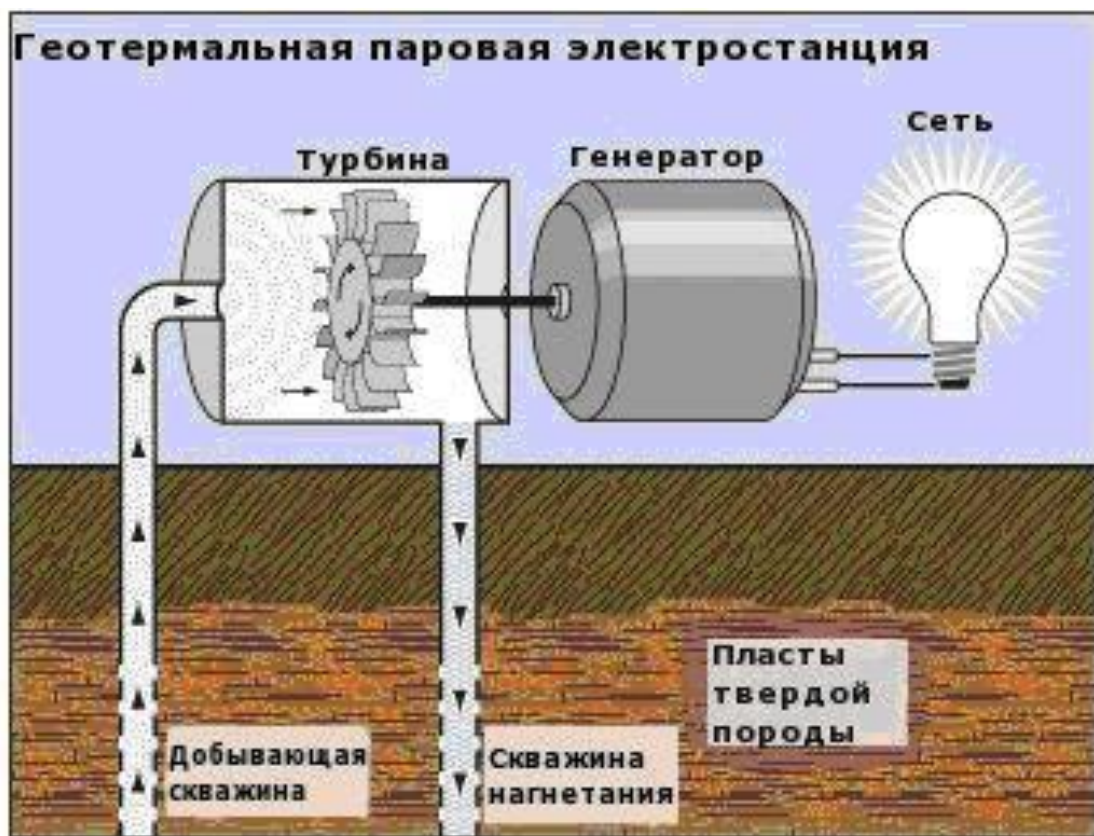


Рисунок 8 – Геотермальная паровая электростанция

Гидротермальный сухой пар – это пар с высокой температурой и низкой влажностью. Такой пар используется для различных процессов и во многих установках. Пар попадает напрямую в турбину, которая в свою очередь соединена с электрическим генератором (Рисунок 8). Горячий пар в данном случае заменяет обычные виды твердого и жидкого топлива, такой способ все еще применяется, хотя и несколько устарел.

Наиболее развитой считается метод с непрямым действием на парогидротермах (Рисунок 9). Гидротермальную жидкость нагревают до температуры выше 182 градусов, далее она поступает в специальный испаритель, где под большим давлением жидкость выпаривается, и получившийся пар приводит в действие турбинный вал [10]. Тот раствор, что остался, можно направить в другой испаритель, где он будет повторно выпарен, это повысит мощность установки.

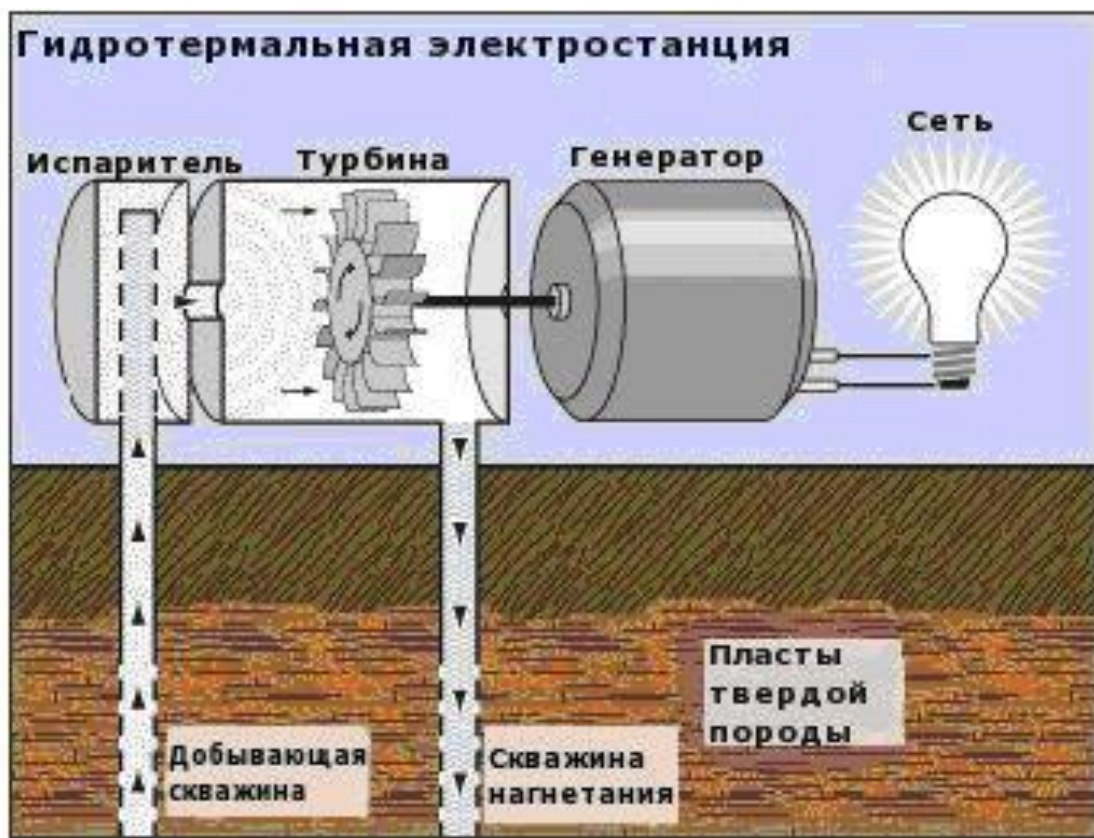


Рисунок 9 – Гидротермальная электростанция

Во многих районах с горячими источниками тепла температура воды обычно не превышает 200 градусов, а чаще всего даже ниже. Тем не менее такая вода так же подходит для выработки электроэнергии и используется в третьем из рассматриваемых методов, а именно в методе с бинарным циклом (Рисунок 10). В данной схеме механизм следующий: кроме воды в системе существует еще одна жидкость, температура кипения которой несколько ниже. Обе жидкости попадают в специальное устройство - теплообменник, там более нагретая подземная вода преобразовывается в пар вторую жидкость. Получившийся в результате этого пар, перешедший в турбину заставляет двигаться лопатки. Поскольку этот метод работает в абсолютно замкнутой системе, никакого вреда для экологии нет, так как вредные выбросы практически отсутствуют.

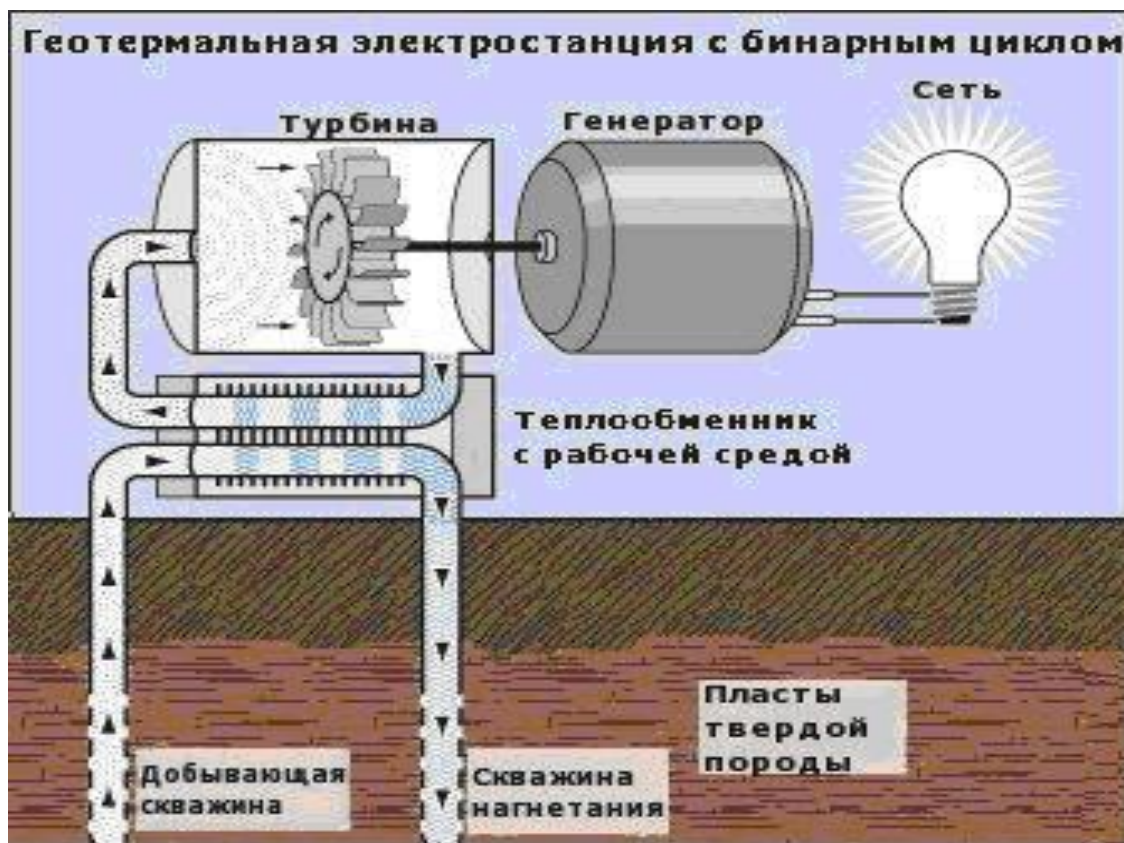


Рисунок 10 – Геотермальная электростанция с бинарным циклом

Теперь, понимая каким именно образом происходит эксплуатация объектов геотермальной энергетики каждым из методов и проанализировав эту информацию, можно сформулировать несколько аспектов, которые будут описывать характер воздействия на окружающую среду. Эти аспекты необходимы для проектирования, строительства и использования производственных объектов на геотермальных полях.

Помимо этого данные аспекты важны для проведения оценки воздействия на окружающую среду, результаты которой могут привести к отказу от строительства предприятия, в данном случае геотермальной электростанции. Стоит уточнить, что значимость рассмотренных далее аспектов является потенциальной, а значит в действительности и воздействия на окружающую среду будет различаться в зависимости от места, условий и применяемых технологий.

Другими словами они могут быть незначительными в зависимости от обстоятельств, в таком случае при проведении оценки необходимо обосновать их экологическую безопасность для возведения и использования геотермальной электростанции.

Неблагоприятные экологические воздействия геотермальной энергетики на экологию:

- отчуждение земель;
- изменение уровня грунтовых вод, оседание почвы, заболачивание;
- подвижки земной коры, повышение сейсмической активности;
- выбросы газов (метан, водород, азот, аммиак, сероводород) ;
- выброс тепла в атмосферу или в поверхностные воды;
- сброс отравленных вод и конденсата, загрязненных в небольших количествах аммиаком, ртутью, кремнеземом;
- загрязнение подземных вод и водоносных слоев, засоление почв;
- выбросы больших количеств рассолов при разрыве трубопроводов.

Главным фактором, оказывающим влияние на окружающую среду при освоении геотермальных месторождений, является выделение газов, частиц серы и других вредных веществ в атмосферу, деградация почвы и ее оседание, возможность возникновения землетрясений, шумовые, биологические и социальные воздействия, загрязнение водных объектов и грунтовых вод, также следует учитывать наличие подземных источников воды, поскольку проведение буровых работ может сильно повлиять на гидрологический режим региона. Еще одним фактором, оказывающим влияние на окружающую среду, является выброс углекислого газа, который происходит в ходе эксплуатации геотермальной электростанции, и может привести к климатическим изменениям в регионе.

Бывает и так, что отработанные термальные воды содержат в себе большое количество растворенных веществ, то есть характеризуются высокой минерализацией, и соответственно не могут быть сброшены в поверхностные водоемы. Это связано с тем, что термальные источники часто содержат большое

количество минеральных элементов и некоторых химических соединений, которые могут негативно воздействовать на экосистемы поверхностных вод. Многие из этих веществ токсичны для растений, животных и микроорганизмов. Кроме того, выброс термальных вод может привести к изменению химического состава воды рек и озер, что может дестабилизировать экосистему и нанести вред рыбам и другим животным. Поэтому, если термальные воды использовались в промышленных целях или для гидротерапии, перед сбросом в устье реки или озера их необходимо подвергнуть специальной обработке для удаления вредных минеральных элементов и соединений. Если отработанные воды будут существенно отличаться по своему составу от вод, куда будет производиться сброс, даже в такой большой водный объект, как море, это может привести к необратимым последствиям, это может привести к нарушению морской экосистемы вокруг места сброса, а также повлиять на морские организмы, которые могут стать чувствительными к изменениям в составе воды. Кроме того, сточные воды могут содержать токсичные вещества, представляющие угрозу для живых организмов и окружающей среды. Поэтому следует обеспечивать достаточно хорошее перемешивание и контроль качества отработанных вод при их сбросе, чтобы свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду.

2.1 Тепловое загрязнение окружающей среды.

Тепловое загрязнение водных объектов – это процесс повышения температуры воды в результате нагрева антропогенными источниками, такими как например электростанции. К тому же, уровень КПД напрямую связан с количеством тепла отданному в окружающую среду, то есть чем ниже этот коэффициент, тем больше тепла ушло в природную среду. Если произвести сброс отработанной воды, температура которой выше той, в которую сбрасывают, а именно температура может превышать 60 градусов на некоторых

месторождениях, то это может привести к тепловому загрязнению неблагоприятным последствиям. Если, например, повысить температуру воды всего на 1 градус, то живущим в водоеме организмам придется потреблять гораздо больше кислорода, чем при привычной температуре воды, а значит это может привести к нехватке кислорода в водоеме, и как следствие к гибели биоорганизмов и другим негативным результатам.

На геотермальной электростанции используется гораздо меньше воды, чем на тепловых или атомных электростанциях, где открытая система водоснабжения, однако они тоже могут способствовать тепловому загрязнению водных объектов и оказать негативное влияние на их экосистемы. При тепловом загрязнении происходит снижение растворимости кислорода в воде, что приводит к уменьшению численности живых организмов, в том числе и рыб. Некоторые виды рыб не переносят высокую температуру и вымирают.

Кроме того, повышенная температура воды может спровоцировать рост водных растений и водорослей, что приведет к заражению воды и еще большему ее загрязнению.

С точки зрения термодинамики извлечение энергосодержащей массы из недр земли и превращения ее в теплоту сопровождается неуклонным возрастанием энтропии, если считать Землю с окутывающей ее атмосферой замкнутой системой. Согласно второму началу термодинамики рост энтропии выражается следующей формулой [11].

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dU + \delta A}{T},$$

где S - энтропия, Дж/К;

T - термодинамическая температура, К;

δQ - количество тепла, переданное во внешнюю среду, Дж.

dU - изменение внутренней энергии, Дж;

δA - механическая работа, Дж.

Применение источников энергии, превращающих массу в тепло (это уголь, нефть и газ), имеет существенный недостаток – на полезную работу δA приходится меньшая часть выработанного тепла, поэтому большинство энергопреобразующих устройств имеют малый коэффициент полезного действия (см. Таблицу 8). При этом геотермальные электростанции дают надежду на более эффективную работу по сравнению с переработкой углеводородов. Сравнимыми с ГеоТЭС по эффективности могут быть атомные и гидроэлектростанции, однако в обоих этих случаях существуют принципиально непреодолимые факторы опасности влияния на окружающую среду.

Таблица 8 – Двигатели внутреннего сгорания

Типы энергетических устройств	КПД
Стационарная паровая машина	$\cong 15$
Турбореактивный двигатель	20-30
Газотурбинная установка (стационарная)	25-29
Двигатель внутреннего сгорания карбюраторный	25-34
Дизель автомобильный	28-37
Дизель судовой	34-77
Электродвигатель	До 92

В работе рассматриваются некоторые аспекты влияния ГеоТЭС, находящейся на Камчатке, на окружающую среду. Под окружающей средой здесь понимается атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера, включающая растительный и животный мир и самого человека), (рис. 11). Будем рассматривать взаимодействие ГеоТЭС с окружающей средой с помощью физической величины потока –вектора, характеризующего перенос какой-либо величины через единицу площади, расположенной перпендикулярно переносу, в

единицу времени. В случае с ГеоТЭС факторами, влияющими на окружающую среду, являются технологические процессы, обеспечивающие извлечение из недр перегретого пара и его конденсата, а также непосредственное использование геообъектов (самых источников геотермального тепла).

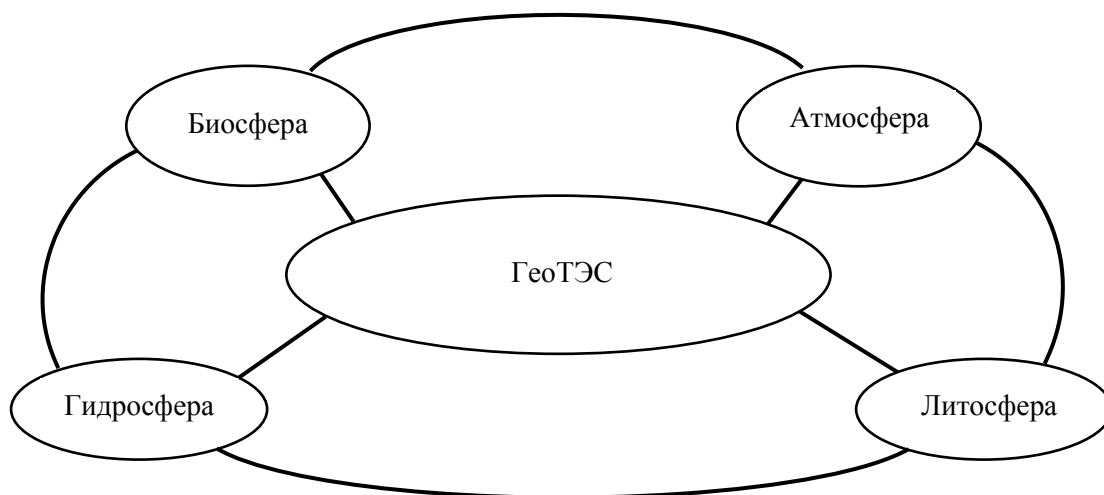


Рисунок 11 – Взаимодействие отдельных составляющих биогеоценоза

Воздействие этих факторов можно охарактеризовать техногенным потоком, воздействующим на окружающую среду. Для успешного функционирования ГеоТЭС необходимо, чтобы этот поток был не больше обратного, так называемого реактивного потока, обеспечивающего стабилизацию ситуации.

Анализ существующих ГеоТЭС показывает, что основное их техногенное влияние следует ожидать на гидросферу и биосферу по причине сброса горячих вод в окружающие водоемы и влияния этого сброса на флору и фауну этих водоемов.

Влиянием выбросов пара на атмосферу и литосферу возможно пренебречь, например, на Камчатке, в силу подавляющего влияния в регионе последствий вулканической деятельности и незначительной площади, производящей

выбросы. Здесь выбросы станции в атмосферу находятся на уровне окружающего фона.

Реактивным потоком в рассматриваемом случае можно считать результаты взаимодействия близко расположенного океана и атмосферы, приводящего к стабилизации атмосферных характеристик. Проще говоря, интенсивность техногенного потока будет значительно меньше интенсивности реактивного, поэтому температурный режим определяется взаимодействием атмосферы и океана в данной местности.

В районе Камчатки взаимодействие атмосферы и океана приводит к возникновению крупномасштабного вихревого атмосферного движения, энергия которого во много раз превышает поступающие от станции техногенные потоки.

Однако пренебречь действием второго начала термодинамики, утверждающим, что невозможно создать машину, преобразующую тепло в механическую работу, без наличия теплоприемника, не удастся. То есть для постоянной работы ГеоТЭС необходимо производить непрерывный сброс тепла в окружающую среду. Рассматриваемая Мутновская ГеоТЭС производит выброс горячей воды в объеме 600 м³/ч с температурой 160⁰С и конденсата в объеме 300 м³/ч со средней температурой 15⁰С. Для охлаждения этих жидкостей применяются либо охлаждение отводящих труб, либо охлаждение воды в специальных бассейнах-отстойниках.

Возможно произвести оценки выбрасываемого при таком охлаждении количества тепла. Так, если считать, что массовый расход G горячей воды 150 кг/с и вода охлаждается со 160⁰С до 20⁰С, то по формуле

$$Q = Gc(T_1 - T_2),$$

Где c — средняя теплоемкость воды, получаем величину 88 МВт.

Наиболее рациональным способом снижения теплового выброса воды является ее охлаждение в процессе транспортировки к месту сброса по трубам.

Оценки показывают, что подсчитанное выше тепло уйдет через поверхность трубы диаметром 0,4 м на расстоянии 1300 м.

Альтернативный способ охлаждения при сливе в бассейн-накопитель позволяет определить размеры этого бассейна, при условии, что на поверхности поддерживается температура 40⁰С. Длина бассейна составила 80 м.

Оба эти способа не являются идеальными, т.к. снижение температуры воды вызывает выпадение солей в виде осадков, что портит трубопровод, а взаимодействие паров воды с кислородом воздуха в бассейне вызывает образование ядовитых веществ.

Приемлемым вариантом является строительство двухконтурной станции, использующей вновь выброшенный в первом цикле сепарат.

2.2 Загрязнение окружающей среды компонентами геотермальных вод и паров

Бурение скважин – это то, что отражается на природной среде в первую очередь. Это связано с применением специальной технологии, которая включает в себя использование большого количества воды для охлаждения и очистки бурового инструмента, а также скважинную смазку для увеличения скорости проходки. В результате происходит значительный расход воды, что может привести к истощению местных водных ресурсов. Так же использование буровых установок требует организацию буровых площадок и укладку подъездных дорог, что может сильно повлиять на рельеф и структуру поверхности, и как следствие оказать негативное влияние на местную флору и фауну. Также при бурении скважин выделяется большое количество газов и отходов, что может негативно сказаться на качестве воздуха и почвы. Выделяющиеся при бурении вредные вещества могут поражать организмы животных и человека, приводить к заболеваниям и загрязнять природные ресурсы.

Кроме того, многие скважины расположены вблизи природных заповедников и национальных парков, что может привести к их уничтожению и биоразнообразию. Однако использованием методов наклонного и горизонтального бурения, а также других современных технологий позволяют учитывать все эти факторы и их воздействия на окружающую среду могут быть сведены до минимума. Также если несколько скважин будут располагаться недалеко друг от друга, то это позволит отвести гораздо меньше земли для проложения дорог и трубопроводов, чем если бы в них была необходимость для каждой скважины.

Некорректная оценка гидрогеологических условий и неполные методы бурения могут привести к загрязнению подземных водоносных горизонтов, которые служат источником питьевой воды. В результате такого загрязнения могут пострадать также поверхностные водоемы. При проведении бурения или гидродинамического исследования скважин возможны нежелательные выбросы газов в атмосферу. Воздействие на окружающую среду, связанное с бурением, в основном прекращается по завершении строительства геотермальных скважин. Установка трубопроводов для перекачки геотермальных флюидов и создание утилизационных установок также влияют на растительный и животный мир, а также нарушают морфологию ландшафта. В результате происходят визуальные изменения в окружающей среде. Экологические проблемы также возникают в процессе эксплуатации геотермальных энергоустановок. Растворенные в геотермальном флюиде различные газы и вещества, минерального и органического происхождения, при попадании в окружающую среду становятся источником загрязнения. Обычно содержание неконденсирующихся газов на геотермальных месторождениях составляет от 0,1% до 1,0% массы от общего расхода геотермального теплоносителя.

Производство электроэнергии на геотермальных электростанциях может приводить к выбросам в атмосферу. Однако при одинаковом уровне производства электроэнергии объемы выбросов углекислого газа с

геотермальных электростанций могут различаться от нуля до незначительного процентного значения выбросов электростанций, работающих на органическом топливе, в зависимости от используемой технологии (см. Таблицу 9).

Таблица 9 — Выбросы диоксида углерода CO₂ при сжигании различных видов топлива

	Уголь	Мазут	Природный газ	Максимальный выброс на ГеоЭС	Новые геотермальные установки
CO ₂ , кг/МВт·ч	900	750	380	0,02	0,00

Загрязнение химическими элементами при работе геотермальной электростанции происходит когда пар, газы и аэрозоли, попадают в атмосферу, а также отработанные геотермальные воды сбрасываются в водные объекты и на земную поверхность. Геотермальная вода и пар могут содержать различные химические вещества, попадание которых в окружающую среду может привести к загрязнению. Эти вещества могут быть как природного происхождения (например, сероводород, метан, диоксид углерода, железо), так и природно-антропогенного происхождения (например, сера, арсениды, бор, мышьяк, фтор). Они могут попадать в окружающую среду с поверхностными и подземными водами, а также с парами гейзеров, грязевых вулканов и других геотермальных источников.

Так например негативно сказывается на окружающей среде и конденсат, который образуется при подготовке сухого пара для турбин геотермальной электростанции. Для того чтобы это выяснить на ГеоТЭС «Океанская» на острове Итуруп проводились исследования на лишайниках, которые часто

используют для определения фонового состояния природной среды в качестве так называемого индикатора. Единственной трудностью в такой оценке было то, что электростанция расположена на сольфатарном поле, которое в свою очередь так же оказывает влияние на окружающую среду. Разделить влияние этого поля и конденсата от электростанции не представляется возможным, лишайники реагируют на общее загрязнение, поэтому проводится оценка совместного воздействия.

Проанализировав результаты проб конденсата, обнаружили, что такая вода содержит в себе минералы и сульфат аммония, обладает слабой кислотностью. В составе газов геотермальной скважины и грязевых котлов преобладают CO₂ и N₂. Но наиболее опасным загрязнителем будет соединение аммония, который является токсичным веществом. Его содержание в конденсате пароводяной смеси в несколько раз превышает норму, а именно в 4,3 раза. Так же в выбросах ГеоТЭС могут находиться тяжелые металлы и другие токсичные соединения. Что касается сольфатарного поля, то даже учитывая большие размеры территории, огромное количество термальных источников и фумарол, которые выбрасывают некоторое количество серосодержащих газов, его влияние на природную среду можно считать умеренным, по сравнению с воздействием находящейся там геотермальной электростанции [12].

В таблице 10 приведены усредненные статистические данные о суточных выбросах в атмосферу современных тепловых электростанций, расположенных в России.

Таблица 10 – Суточные концентрации выбросов в атмосферу ТЭС, мг/м³

Расстояние от трубы, км	Сернистый газ	Сероводород	Окислы азота	Окись углерода	Зола

1	6,02	0,02	1,95	7,2	1,2
3	1,47	0,008	1,3	16,0	3,4
5	1,22	0,008	0,05	13,3	1,2
7	1,12	0,03	1,3	13,0	2,4
15	0,22	0,002	0,03	4,0	0,27
ПДК	0,5	0,008	0,085	3,0	0,5

Еще более впечатляющими являются годовые выбросы вредных веществ в атмосферу через трубы ТЭС, которые используют нефтепродукты в качестве топлива. В таблице 11 представлены средние годовые выбросы в атмосферу восьми относительно новых ТЭС.

Таблица 11 – Масса годовых выбросов загрязняющих атмосферу веществ

Наименование тепловых электростанций	Количество и тип вредных выбросов, т/год			
	SO ₂	CO	NO ₂	Сажистые остатки
Владимирская	131,5	118,5	35,7	730,5
Вологодская	142	128,2	38,7	790
Ивановская	107,7	97,1	29,2	598,3
Костромская	64,7	58,3	17,6	359,2
Нижегородская	400,9	361,3	108,9	2 227,3
Новгородская	79,6	71,9	21,7	443,1
Терская.	131,5	118,5	37,7	730,3
Ярославская	120,7	108,8	32,8	670,6

Таким образом, Владимирская ТЭЦ выбрасывает в год в общей сложности 1 000 т вредных веществ, Вологодская - 1 100, Ивановская - 832, Костромская - 500, Нижегородская - 3 100, Новгородская - 617, Тверская - 1 020, Ярославская - 934 т.

Такие вещества могут накапливаться в организмах животных и растений, отравлять и вызывать массовую гибель. Так например из водяного сепаратора на территории Камчатской геотермальной системы наблюдались отложения геля кремнезема, который покрывал поверхность растений, после чего те погибали. Химические вещества, выбрасываемые в окружающую среду могут вызывать различные проблемы для здоровья человека и экосистемы. Например, высокие концентрации серы могут вызвать проблемы с дыханием, а высокие концентрации бора могут нанести вред растениям и животным, в том числе людям. Кроме того, некоторые химические вещества (например, мышьяк) могут накапливаться в живых организмах и вызывать проблемы в будущем.

При работе геотермальных электростанций не происходит сжигания топлива, поэтому количество вредных веществ выходящий в природную среду существенно меньше, чем при работе тепловых электростанций. Помимо этого эти вещества имеют разный химический состав, а значит и отличается характер воздействия. Геотермальные скважины в основном добывают пар, которым, как правило, является водяным. Газовые примеси в паре из геотермальных источников обычно включают высокие концентрации двуокиси углерода, метана, водорода, азота и аммиака, а также некоторых других газов, таких как сероводород и гелий. Однако соотношение компонентов газа может различаться в зависимости от геологических условий в районе геотермального месторождения. Например, в некоторых геотермальных месторождениях

содержание сероводорода может быть значительно выше, что может привести к опасным выбросам при выходе его на поверхность.

Геотермальные электростанции (ГеоТЭС) требуют значительно большего количества охлаждающей воды (на 1 кВт·ч электроэнергии) по сравнению с ТЭС из-за их более низкой эффективности. Сброс отработанной воды и конденсата может привести повышению концентрации солей, включая хлористый натрий, аммиак, кремнезем и другие элементы, такие как бор, мышьяк, ртуть, рубидий, цезий, калий, фтор, натрий, бром, иод, хотя и в незначительных количествах. При увеличении глубины скважин такие поступления могут возрастать [13].

Одним из негативных аспектов ГеоТЭС является загрязнение поверхностных и подземных вод при выбросе высококонцентрированных растворов при бурении скважин. Сброс использованных термальных вод может привести к образованию болотистых участков влажных районов и засолению почвы в засушливых районах. Разрывы трубопроводов также представляют опасность, поскольку могут привести к большим выбросам солей на землю.

Геотермальные электростанции, имея в 2-3 раза меньший КПД по сравнению с атомными и тепловыми электростанциями, выделяют в 2-3 раза больше тепловых выбросов в атмосферу [14]. Чтобы снизить воздействие на окружающую среду, рекомендуется использовать систему циркуляции теплоносителя в ГеоТЭС, которая включает "скважину - теплоъемные агрегаты - скважину - пласт". Это позволит избежать поступления термальных вод на поверхность земли и водоемы, сохранить давление в пласте и предотвратить оседание грунта и возможные сейсмические явления.

2.3 Развитие опасных геологических процессов и явлений

Одним из наиболее распространенных негативных последствий геотермальных разработок является оседание грунта. Оседание может происходить везде, где нижележащие слои перестают поддерживать верхние

слои почвы и приводить к уменьшению стока термальных источников, а также к изменению геологического строения и состава подземных вод.

Кроме того, геотермальные разработки могут вызывать сейсмические эффекты, поскольку приложение высокого давления для извлечения геотермальной энергии может перемещать почву и горные породы в земле, вызывая землетрясения. Однако такие сейсмические воздействия незначительны и редко приводят к серьезным последствиям.

Поэтому геотермальные разработки должны осуществляться с учетом местных геологических особенностей, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и снизить риски для населения.

Чрезмерное использование геотермальных вод может вызвать целый ряд опасных процессов и явлений, в этот список входит образование оползней, проседание земной поверхности и даже вызывать землетрясения. Проседание происходит, когда скорость притока воды в геотермальную систему ниже, чем скорость извлечения воды из них. Проседание может вызвать различные проблемы, такие как снижение уровня подземных вод, изменение характеристик грунта и повреждение зданий и сооружений. Однако уровень проседания на разных электростанциях сильно отличается, где-то опускание довольно сильное, а где-то незначительное. Так на электростанции в Новой Зеландии земная поверхность просела на целых 15 метров, а это 400 мм в год. В то время как в районе геотермального поля в Исландии оно составляет менее 28 см, то есть всего 10 мм в год.

Когда проседание почвы значительное это провоцирует изменение рельефа и границ водных объектов, а также повышает риск техногенной аварии, что соответственно отрицательно скажется на окружающей среде. Возвращаясь к примеру с электростанцией в Новой Зеландии, можно отметить, что из-за того самого сильного проседания земной поверхности там наблюдались повреждения

трубопроводов, дорог, скважин, линий электропередач и зданий. Помимо таких повреждений проседания могут привести и к повышению сейсмоактивности, что еще более опасно, поэтому так важно контролировать скорость извлечения вод и проводить постоянный мониторинг состояния геотермальной системы. Также возможны меры по восстановлению естественного притока вод, например существует метод называемый «реинжекция», то есть проведение регулярных инъекций отработанных геотермальных вод в глубинные слои геотермальной системы. Закачка использованных гидротерм обратно в эксплуатируемый геотермальный горизонт в настоящее время широко распространена.

Обратная закачка — это технология, которая используется при разработке геотермальных ресурсов для снижения потенциальных рисков для окружающей среды, связанных с добычей геотермальной энергии.

Суть технологии заключается в том, что вода, которая используется для охлаждения энергетического оборудования или добывается из скважин при добыче геотермальной энергии, закачивается обратно в глубинные слои Земли, где ее можно повторно использовать при добыче. процесс. Это снижает потенциальное воздействие на подземные воды, извлекаемая геотермальная вода не достигает поверхности, а находится в замкнутом цикле.

Реинжекция обычно осуществляется в глубокие пласты ниже уровня шума, что снижает риск сейсмических воздействий и других экологических проблем. Данная технология является одним из самых распространенных и безопасных способов добычи геотермальной энергии, который широко применяется в различных странах мира.

Реинжекция отработанных геотермальных вод на сегодняшний день имеет реальную ценность и решает ряд проблем, но также эта процедура порождает несколько новых. Во-первых, это может увеличить давление в подземных геологических структурах. Если давление становится слишком высоким, вода

может вытекать обратно на поверхность через трещины в земле или другие гидрологические сооружения, что может вызвать сейсмические эффекты. Кроме того, обратная закачка может повлиять на качество подземных вод, если вода, закачиваемая в скважины, содержит ядовитые или опасные химические вещества.

В целом, практика обратной закачки является эффективным способом снижения экологических рисков, связанных с добычей гидротермальной энергии. Однако применение этой процедуры должно включать понимание и управление потенциальными рисками и проблемами, которые могут возникнуть в процессе повторной закачки. Сочетание положительного и негативного эффектов данной технологии является неотъемлемой частью освоения геотермальной энергии.

2.4 Влияние на микроклимат.

В местах, где располагаются большинство геотермальных электростанций, формируются особые климатические условия, что несомненно отражается на растительном и животном мире вблизи электростанции. Это связано с тем, что внутри земной коры происходит интенсивное нагревание, что в свою очередь влияет на атмосферные явления, такие как температура воздуха, скорость ветра, количество выпадающих осадков и т.д.

Именно поэтому данной группе экологических аспектов следует уделить особое внимание при проектировании и строительстве ГеоТЭС. Однако влияние размещенной на участках геотермальных полей электростанции может проявляться в противоположных направлениях. Например работа ГеоТЭС существенно сокращает объем выброса горячего пара и тепла из естественных геотермальных источников или даже прекращает выброс вовсе. С другой стороны, при строительстве электростанции бурят скважины из которых в большом объеме выходит пар в атмосферу, что способствует повышению

температуры и влажности среды, а так же привести к образованию облачности и туманов. Подобные явления происходят и при эксплуатации геотермальных электростанций, использующих градирни. Большие объемы выбросов пара и воды из глушителей и регуляторов расхода пара также оказывают значимое влияние. Все рассмотренные явления будут потенциально значимыми экологическими аспектами. Кроме того, на участках геотермальных полей могут образовываться гейзеры, фумаролы и горячие источники, которые так же влияют на климатические условия в данной местности. В целом, климатические условия в данной местности могут быть достаточно экстремальными и изменчивыми.



Рисунок 12 – Выбросы пара на геотермальная электростанция в Исландии

2.5 Выброс парниковых газов.

Выбросы парниковых газов – это процесс выброса в атмосферу различных газообразных веществ, таких как двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), окись азота (NO_x) и другие. Эти газы являются основными причинами изменения климата планеты и как следствие приводят к глобальному потеплению.

Изменение климата Земли, вызванное выбросами парниковых газов, имеет глобальные последствия, такие как повышение уровня моря, изменение климатических зон и экстремальных погодных условий, кардинальные изменения в экосистемах и другие. Поэтому сокращение выбросов парниковых газов стало одной из главных задач современного мира.

Все эти вещества выбрасывают многие геотермальные электростанции и поэтому формально работа ГеоТЭС сопровождается выбросом парниковых газов. Но в действительности эти газы проходят в атмосферу и естественным путем. По проведенным исследованиям электростанции не создают дополнительного притока парниковых газов, сравнительно с общим выбросом на геотермальном поле, где установлена электростанция [15].

Принимая во внимание все сказанное выше, можно сделать вывод, что в сравнении с электростанциями, которые работают на органическом топливе, возведение геотермальных электростанций приведет к снижению испускания парниковых газов в атмосферу.

2.6 Негативное воздействие на почвенно-растительный покров и животный мир.

Возведение геотермальных электростанций может привести к нарушению природного ландшафта, утрате местообитаний, гнездовий и нерестилищ, помешать миграции животных, другими словами оказать негативное влияние на биоты наземных и водных экосистем. Это может вызвать изменение гидрологического режима в бассейнах рек, привести к сокращению популяции животных, что будет являться серьезной проблемой, ведь в районах

геотермальных полей, где и располагаются геотермальные электростанции, существуют особые виды почв, растений, обитают теплолюбивые виды животных, которые не встречаются больше нигде. Это требует особого внимания при строительстве и использовании электростанции.

Напрямую на биоту могут повлиять использование и транспортировка различных химических соединений, таких как гидравлическая жидкость, которая используется в процессе бурения, и в случае ее утечки пострадает флора и фауна природной области. Отходы и выбросы так же могут оказать влияние на окружающую среду.

Особенно сильное влияние на животные мир может оказать так называемое шумовое загрязнение. На момент строительства электростанции самый сильный шум возникает при выпусках скважин, он достигает более 120 децибелл и сильно отпугивает находящихся вблизи животных и заставляет их уйти из своих мест обитания. Когда же электростанция уже работает шум возникает из-за регулятора расхода пара, и особенно сильно он слышится ночью, когда снижается потребление вырабатываемой электростанцией электроэнергии.

Ранее уже отмечалось, что геотермальные электростанции выбрасывают в атмосферу гораздо меньше вредных веществ, чем тепловые электростанции, а именно лишь малый объем углекислого газа. Но важно понимать, что подземные воды и пар это совсем не чистая питьевая вода, пароводяная смесь содержит в себе различные газы и металлы, такие как свинец, кадмий, мышьяк, цинк, сера, бор, аммиак, фенол и другие, в зависимости от участка поверхности земли [16]. Иногда эта смесь настолько «богата» химическими элементами и веществами, что попади она в природную среду, это привело бы к очень печальным последствиям.

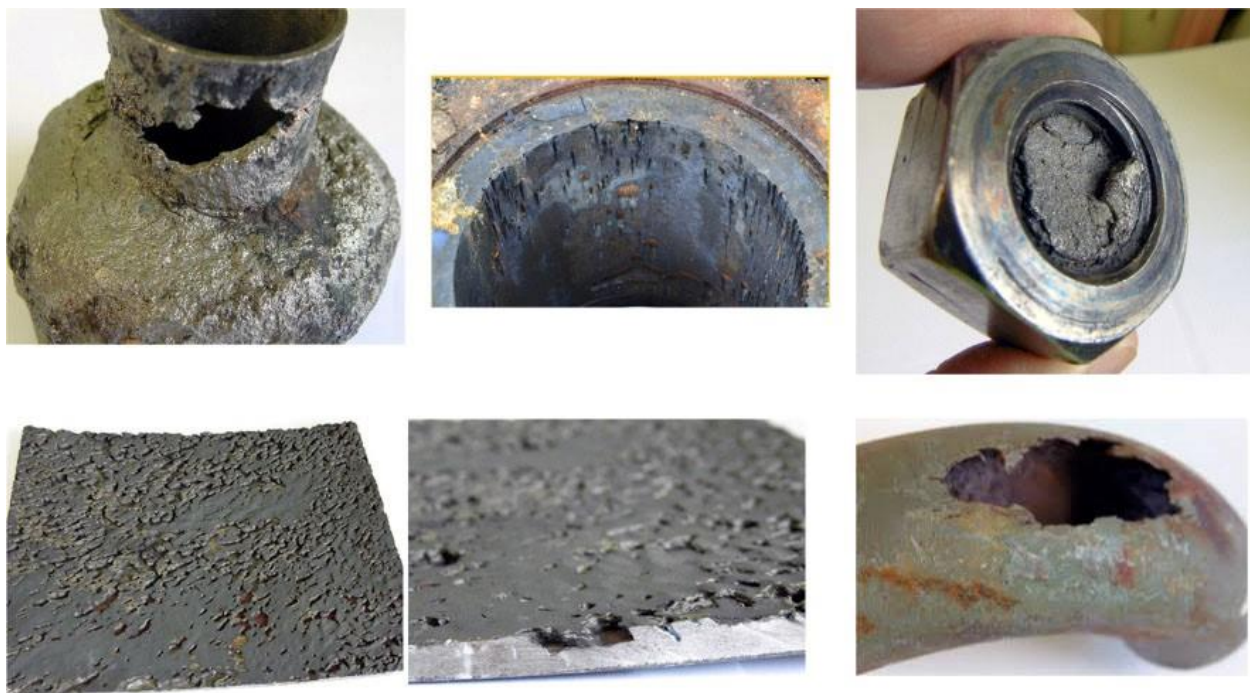


Рисунок 13 – Результат воздействия геотермальной воды на металлы

Но если придерживаться всех мер предосторожности и фильтровать пропускаемый в окружающую среду пар от металлов и газов, а конденсат направлять обратно в скважину, то печальных последствий можно избежать и не нанести природной среде вред.

2.7 Уничтожение при строительстве ГеоТЭС природных геотермальных объектов, снижение их рекреационного и видеозэкологического потенциалов.

Строительство геотермальных электростанций часто проводится в районах где располагаются природные геотермальные объекты, уникальные ландшафтные комплексы, горячие источники, термальные поля и памятники природы. В процессе строительства возможно уничтожение этих объектов и снижение их рекреационного и видеозэкологического потенциала. Горячие источники или гейзеры могут вовсе исчезнуть из-за ведения технических работ и использования геотермальных вод или выход воды на поверхность

переместится в другую часть работающей системы. Большинство природных геотермальных объектов привлекают туристов и являются важным источником доходов для местных экономик. Создание геотермальных электростанций может повредить эти объекты и уменьшить их привлекательность для туристов. Также могут ухудшиться условия для размножения растительности и животных в окрестностях ГеоТЭС.

Чтобы свести к минимуму ущерб от работы электростанций для природных геотермальных объектов, необходимо тщательно изучать местность до начала строительства ГеоТЭС и проводить постоянный мониторинг окружающей среды во время и после работы геотермальной установки. Также необходимо создавать меры защиты природы и окружающей среды при разработке проектов ГеоТЭС.

Если все эти условия и проблемы учитывать при проектировании, строительстве и использовании электростанции, ее возведение наоборот может положительно сказаться на природных и туристических объектах.

Как показывает опыт других стран, содержание инженерно-технических сооружений будет означать еще и защиту территорий на которых располагается электростанция и все природные объекты на ней от природных и антропогенных воздействий.

В качестве примера можно привести так называемую визитную карточку Исландии, это пруд-накопитель «Голубая Лагуна». Он находится на геотермальном поле Свартсенги при геотермальной электростанции и находится под ее охраной, именно поэтому Голубую Лагуну можно назвать природно-техногенным объектом (Рисунок 14).



Рисунок 14 - Исландия геотермальный курорт "Голубая лагуна"

2.8 Временное и безвозвратное изъятие участков природной среды, урбанизация территории.

При строительстве геотермальной станции проводится немало буровых работ, роются каналы, бассейны, устанавливаются плотины, проводятся различные земляные работы, срезается грунт, а также прокладываются транспортные сети и линии электропередач. Проведение комплекса мер по восстановлению земель и водных ресурсов и эколого-мелиоративных мероприятий существенно уменьшит неприятные последствия производимой там деятельности.

Однако и здесь можно найти положительное, оборудование специальных сооружений могут использоваться в качестве развлечения для туристов. Примером такого туристического объекта в Новой Зеландии являются грязевые

котлы, которые создали на месте деградировавших при строительстве ГеоТЭС «Вайракея» геотермальных источников.

Эти котлы стали популярными у туристов, а так же местом проведения съемок и мероприятий.

Еще одна успешная реализация туристического объекта на территории ГеоТЭС – создание геотермального парка «Ситциллан Крэт» в Исландии. Парк создан на территории действующей геотермальной электростанции с целью привлечения туристов и демонстрации широкого использования геотермальной энергии. Посетители могут посетить плато, образовавшееся в результате деятельности гейзеров, побывать в бассейне с горячей водой, пройти по тропам, увидеть и осмотреть паровые и гейзерные источники.

Таким образом, появления объектов на территории ГеоТЭС может стать положительным фактором для развития регионов и экономики, если это будет сделано правильно и в интересах общества.

Все рассмотренные факторы влияния на окружающую среду отображены в концептуальной модели [17]. (Рисунок 15)

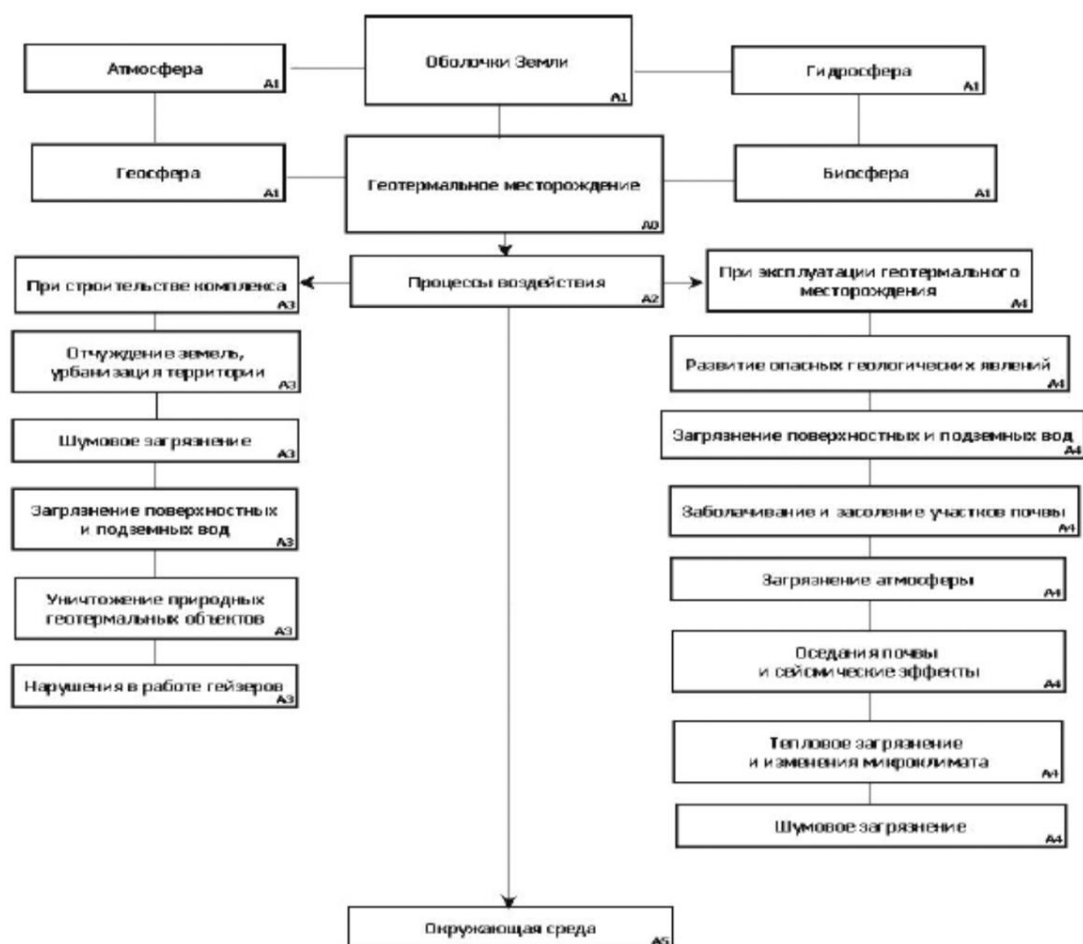


Рисунок 15 – Концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду

Заключение

Тепловые электростанции используют не возобновляемые источники энергии, такие как уголь и нефть, при этом выбрасывая в атмосферу продукты сгорания, которые загрязняют окружающую среду и влияют на климатические изменения.

В то время как геотермальные источники энергии являются возобновляемыми источниками, которые используют тепло из глубины Земли для генерации электроэнергии. При использовании геотермальных источников выброс вредных веществ гораздо меньше, а так же снижается зависимость от нефти и угля.

Кроме того, геотермальная энергия доступна во многих частях мира, тогда как использование угля и нефти требует их добычи из отдаленных регионов и транспортировки на место использования, что также ведет к загрязнению окружающей среды.

Таким образом, использование геотермальных источников энергии может быть более эффективным и экологически безопасным вариантом по сравнению с тепловыми электростанциями, работающими на не возобновляемых источниках, таких как уголь и нефть.

Список использованных источников

1. Мировой опыт энергосбережения и альтернативные энергоносители: ресурсы, перспективы использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7134392/>
2. Геотермальные электростанции (ГТЭС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://electric-220.ru/news/geotermalnye_ehlektrostancii/2019-03-24-1668
3. Говорушко С.М. Геотермальные электростанции и экологические последствия их эксплуатации // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – №4. – С. 43-47.
4. Геотермальная энергия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625a2bc79b5d53b89521316c27_0.html#text
5. Геотермальная энергия и перспективы ее использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/geotermalnaia-energiia-i-perspektivy-ee-ispolzovan.html>
6. Геотермальная энергетика: всемирный обзор 2020. Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/articles/geotermalnaya-energetika-vsemirnyy-obzor-2020-chast-1>
7. Геотермальные электростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://drprom.ru/referat/geotermalnyie-elektrostantsii/>
8. Мутновский геотермальный энергетический комплекс на Камчатке использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kamlib.ru/resources/full_text_search/kamchatka-v-tsentralnoy-presse/detail/mutnovskiy-geotermalnyy-energeticheskiy-kompleks-na-kamchatke/

9. История и проблемы развития геотермальной энергетики в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jeees.ru/2021/05/04/история-и-проблемы-развития-геотерма/>
10. Геотермальные электростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=550889#text>
11. Березовская В.А. Инженерно-экологические характеристики Мутновской ГеоЭС / В.А. Березовская, А.Я. Исаков, А.Н. Шулюпин // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2005. – №4. – С. 6-19.
12. Ежкин А.К. Оценка воздействия геотермальной электростанции «Океанская» (вулкан Баранского, о-в Итуруп) на окружающую среду методом лишеноиндикации / А.К. Ежкин, Р.В.Жарков, А.В. Кордюков // Вестник ДВО РАН. –2015. – № 2. –С. 109-117.
13. Влияние ветроэнергетики на природную среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poisk-ru.ru/s52597t4.html>
14. Экологические аспекты использования возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metallurgist.pro/eco-energy/>
15. Оценка экологической безопасности геотермальной электростанции на основе идентификации ее экологических аспектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/188/48391.php>
16. Геотермальная энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topuch.com/geothermalenaya-energetika-v2/index.html>
17. Веселко А.Ю. Концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду // Геология, география и глобальная энергия. –2018. – № 3. –С. 38-42.