

**РАЗДЕЛ VIII. ДОКЛАДЫ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ТОЛЬКО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ**

CHAPTER VIII. PAPERS SUBMITTED FOR PUBLICATION ONLY

УДК 556.3+551.23

**Нижне-Менделеевский участок
геотермального месторождения Горячий Пляж на о. Кунашир:
результаты изучения и освоения**

С.В. Спектор¹, Р.В. Красников², К.В. Новиков², А.В. Платонова², Е.В. Попов²

¹*АО ГИДЭК, Москва, Россия*

info@hydec.ru

²*ФГБУ «Гидроспецгеология», Москва, Россия*

info@specgeo.ru

Проведен анализ материалов опробования скважин и геофизических исследований месторождения Горячий пляж на о. Кунашир, а также опыта эксплуатации Нижне-Менделеевской ГеоЭС, расположенной на Нижне-Менделеевском участке. Дан анализ гидрогеотермических условий месторождения и их влияние на продуктивность скважин. Показано, что причиной снижения производительности скважин является, в том числе, недостаточная глубина вскрытия геотермального резервуара. На основании сопоставления геоэлектрических разрезов и геологического строения Дачного участка Мутновского месторождения и Нижне-Менделеевского участка месторождения Горячий пляж сделано предположение, что на Нижне-Менделеевском участке основные зоны притока геотермального флюида должны быть вскрыты на глубинах 1.5-2 км, где наблюдается возрастание кажущихся сопротивлений свыше 100 Ом·м.

Ключевые слова: геотермальное месторождение, Горячий пляж, о. Кунашир, Нижне-Менделеевская геотермальная электростанция, Менделеевская геотермальная система, вулкан Менделеева

**Nizhne-Mendeleevsky Block of the Goryachy Plyazh Geothermal Field
on Kunashir Island: Results of Study and Development**

Sergey V. Spector¹, Ruslan V. Krasnikov², Konstantin V. Novikov², Alla V. Platonova², Evgeniy V. Popov²

¹*HYDEC Ltd, Moscow, Russia*

²*Federal State Budgetary Institution HYDROSPETSGEOLOGIYA, Moscow, Russia*

An analysis was conducted on well sampling materials and geophysical survey data from the Goryachiy Plyazh geothermal field on Kunashir Island, as well as operational experience from the Nizhne-Mendeleevskaya Geothermal Power Plant located in the Nizhne-Mendeleevsky Block. The hydrogeothermal conditions of the field and their impact on well productivity were analyzed. It was demonstrated that one of the reasons for the decrease in well productivity is insufficient penetration depth into the geothermal reservoir. Based on the comparison of geoelectric cross-sections and geological structures of the Dachny Block of the Mutnovsky field and the Nizhne-Mendeleevsky Block of the Goryachiy Plyazh field, it was hypothesized that in the Nizhne-Mendeleevsky sector, the main geothermal fluid inflow zones should be penetrated at depths of approximately 1.5-2 km, where an increase in apparent resistivity exceeding 100 Ohm·m is observed.

Keywords: geothermal field, Goryachiy Plyazh, Kunashir Island, Nizhne-Mendeleevskaya Geothermal Power Plant, Mendeleev geothermal system, Mendeleev volcano

Введение

Геотермальное месторождение Горячий пляж расположено в центральной части острова Кунашир (Курильские острова), на северо-восточном склоне вулкана Менделеева, и является частью Менделеевской геотермальной системы (рис. 1). Месторождение выделено на основании исследований, проведенных в 1964–2004 гг. с целью разведки и оценки запасов теплоэнергетических вод для тепло- и электроснабжения поселков Южно-Курильск и Горячий пляж. На базе разведанных запасов пароводяной смеси на Нижне-Менделеевском участке месторождения построена и с 1993 г. по настоящее время функционирует Нижне-Менделеевская геотермальная электростанция (ГеоЭС). ГеоЭС оборудована современным энергетическим модулем бинарного действия, который рассчитан на выработку 7.4 МВт электрической мощности. В то же время, фактически вырабатываемая мощность ГеоЭС составляет всего 1.0–1.7 МВт. Дефицит мощности связан с постепенным снижением производительности и выходом из строя большей части эксплуатационных скважин. Выход эксплуатационных скважин из строя связан как с техническими причинами, так и с недостаточной глубиной вскрытия геотермального резервуара.

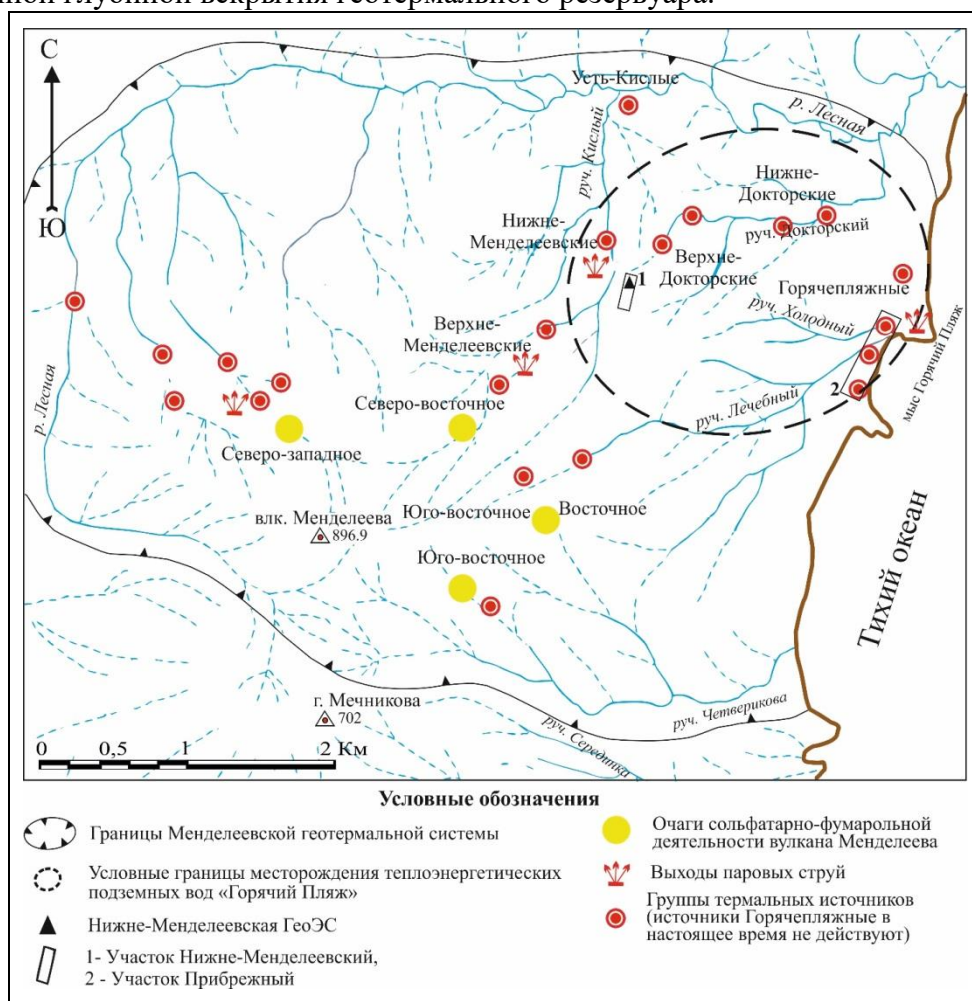


Рисунок 1 – Менделеевская геотермальная система и месторождение «Горячий Пляж»

Для обоснования методики дальнейшего изучения месторождения Горячий пляж нами были проанализированы результаты ранее проведенных геологических и геофизических исследований и опыта эксплуатации действующей Нижне-Менделеевской ГеоЭС.

Гидрогеотермические условия района исследований

Гидрогеологический разрез месторождения Горячий пляж представлен трещинно-пластовыми водоносными комплексами плиоцен-четвертичных вулканогенных отложений. К разломным зонам приурочены трещинно-жильные термальные воды. В пределах

месторождения выделены два разведанных участка – Прибрежный, расположенный на побережье Тихого океана у поселка Горячий пляж, и Нижне-Менделеевский, расположенный на северо-восточных склонах вулкана Менделеева, в 2 км от участка Прибрежного.

Участок Прибрежный приурочен к области разгрузки и выклинивания потока подземных перегретых вод месторождения Горячий пляж на морском побережье. Зоны притока теплоносителя вскрываются скважинами в интервалах глубин 50–300 м. Максимальная температура на глубине 450 м составила 182 °С. Воды хлоридно-натриевые с минерализацией до 5–10 г/л, при опытных выпусках минерализация достигала 25 г/л в результате привлечения к скважинам морских вод (Асаулов и др., 1979). Смешение в скважинах морских и инфильтрационных атмосферных вод с перегретыми подземными водами приводит к нарушению карбонатного равновесия в условиях дегазации парогидротерм и образованию в стволах скважин карбонатных пробок на уровне вскипания, что препятствует эксплуатации. В настоящее время подземные перегретые воды участка Прибрежный не используются.

Нижне-Менделеевский участок выделен в результате разведочных работ в районе Нижне-Менделеевских и Верхне-Докторских термальных источников. На участке пробурены разведочные скважины глубиной от 1000 до 1400 м, проведены наземные геофизические работы методом ВЭЗ с разносами АВ/2 до 3000 м.

В гидрогеологическом разрезе участка выделяются четыре зоны (Рослый и др., 2004). Сверху до глубины 80–120 м циркулируют холодные и слаботермальные воды преимущественно инфильтрационного происхождения. До глубин 200–250 м – кислые ($\text{pH} = 1.5\text{--}2.5$) сульфатно-хлоридные термальные воды с $T = 80\text{--}120$ °С и минерализацией 4–6 г/л, химический состав которых сформирован в результате воздействия газов (CO_2 , H_2S) отделяющихся при вскипании геотермального флюида. Ниже, до глубин 1 км, под водоупором, представленным интенсивно гидротермально измененными породами (зона аргиллизации), распространена пароконденсатная двухфазная зона геотермального резервуара с температурой до 230 °С. На глубинах более 1.0 км залегает однофазная зона перегретых хлоридно-натриевых вод с минерализацией около 5 г/л, $\text{pH} \geq 7$ и температурами свыше 250 °С. Тип циркуляции геотермального флюида преимущественно трещинно-жильный, как и связанные с воздействием флюида гидротермальные изменения вмещающих пород. Проницаемые зоны притока теплоносителя вскрываются скважинами на глубинах 500–1270 м, мощность зон от нескольких метров до нескольких десятков метров. Глубже 1270 м геологический и гидрогеотермический разрез бурением не изучен.

Результаты и их обсуждение

Разведочно-эксплуатационные скважины сосредоточены на площадке размером 450×200 м. В настоящее время из 4 введенных в эксплуатацию скважин осталась только одна скважина в рабочем состоянии, но и она из-за соединения интервалов с разным фазовым состоянием флюида и значительно отличающимися пластовыми давлениями работает в пульсирующем режиме, что не позволяет полноценно использовать ее энергетический потенциал. В период с 2005 г. по настоящее время добыча ПВС на Нижне-Менделеевском участке снизилась более чем в 12 раз.

Анализ имеющихся геохимических и гидрогеотермических данных позволяют считать, что на Нижне-Менделеевском участке скважинами вскрыта только верхняя часть геотермального резервуара в зоне интенсивно гидротермально измененных пород (зона аргиллизации). Это подтверждают геоэлектрические разрезы кажущегося сопротивления КС (Рис. 2), построенные нами по результатам переинтерпретации данных ВЭЗ, полученных при геофизических работах 1999–2001 гг. (Подошвин и др., 2000, 2001). Интервал с сопротивлениями менее 10 Ом·м, который вскрывается большинством скважин, соответствует интенсивно измененным, а значит слабопроницаемым породам.

На Дачном участке Мутновского месторождения на Камчатке наблюдается аналогичный геоэлектрический разрез по данным МТЗ (Нурмухамедов и др., 2010). Верхний слой мощностью 100–250 м представлен вулканогенными неизмененными породами с холодными грунтовыми водами и характеризуется сопротивлениями около 100 Ом·м и более. В интервале глубин 250–1100 м, представленном гидротермально измененными породами (аргиллизитами), наблюдаются

сопротивления в диапазоне от 1 до 12 Ом·м. К этому интервалу приурочена двухфазная пароконденсатная зона. Первые пробуренные скважины на Дачном участке вскрывали в этом интервале продуктивные зоны, но их производительность с течением времени существенно снизилась. В интервале глубин 1100–3000 м, представленном вулканогенными породами с трещинно-жильным типом циркуляции геотермального флюида температурами 270 °С, наблюдаются сопротивления от 100 до 200 Ом·м / Гидротермальные изменения вмещающих пород носят локальный, трещинно-жильный характер, что объясняет повышенные сопротивления по сравнению с зоной аргиллизации. В этом интервале буровыми скважинами вскрыты основные продуктивные зоны и получены максимальные притоки теплоносителя.

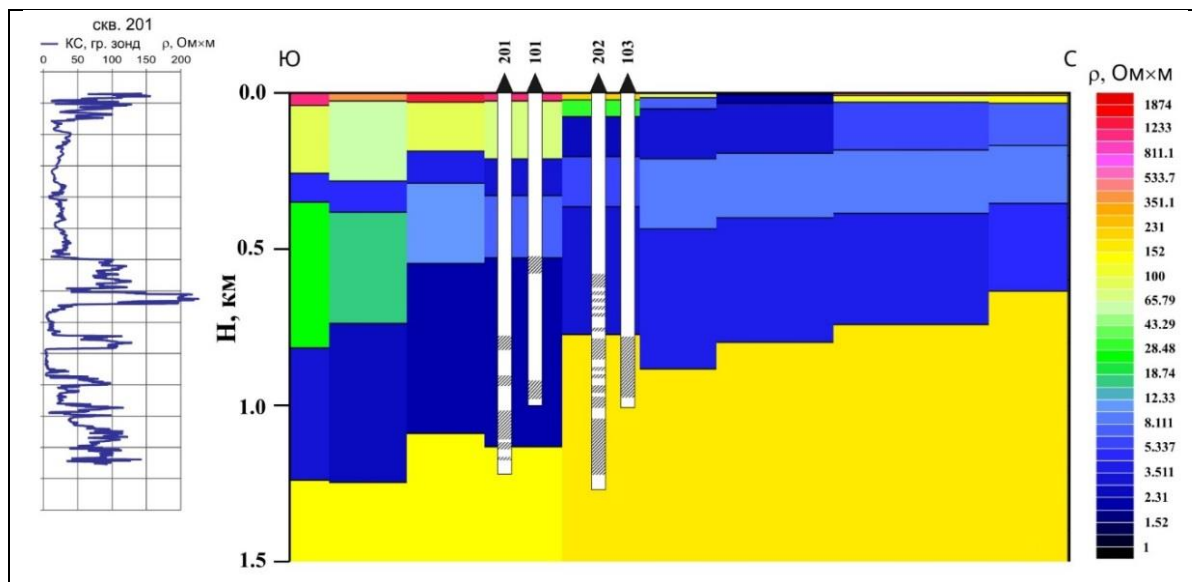


Рисунок 2 – Геоэлектрический разрез Нижне-Менделеевского участка

На основании сопоставления геоэлектрических разрезов и геологического строения Дачного участка Мутновского месторождения и Нижне-Менделеевского участка месторождения Горячий пляж есть основания полагать, что на Нижне-Менделеевском участке основные зоны притока геотермального флюида должны быть вскрыты на глубинах от 1.5 до 2 км, где наблюдается возрастание сопротивлений свыше 100 Ом·м.

Список литературы

1. Асаулов Г.М. Отчет о результатах детальной разведки и оценки запасов парогидротерм месторождения «Горячий пляж» (уч-к «Прибрежный») по состоянию на 1.01.79 г. / Г.М. Асаулов, Н.П. Асаулова Южно-Сахалинск, 1979. Российский Геологический Фонд.
2. Нурмухамедов А.Г. Трехмерная геоэлектрическая модель Мутновского месторождения парогидротерм / А.Г. Нурмухамедов, И.И. Чернев, Д.А. Алексеев, А.Г. Яковлев // Физика Земли, 2010. № 9. С. 15–26.
3. Подошвин В.Е. Отчет об изучении центральной части Менделеевской площади о. Кунашир геофизическими методами (ВЭЗ), проведенными ООО МП «Электра» в Южно-Курильском районе Сахалинской области в 2001 г. / В.Е. Подошвин // Южно-Сахалинск, 2001. Российский Геологический Фонд.
4. Подошвин В.Е. Отчет о результатах изучения центральной части Менделеевской площади о. Кунашир (Сахалинская область) методом ВЭЗ в 1999 г. / В.Е. Подошвин, А.Ф. Прядко // Южно-Сахалинск, 2000. Российский Геологический Фонд.
5. Рослый Г.А. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на Нижне-Менделеевском участке месторождения теплоэнергетических вод Горячий Пляж (о. Кунашир) / Г.А. Рослый, Е.А. Руденко, В.Г. Гальверсен // Южно-Сахалинск, 2004. Российский Геологический Фонд.