

# Использование дистанционных данных для исследования геотермальных энергоресурсов Дагестана

Н.М. Булаева, Р.Ш. Османов

*Институт проблем геотермии Дагестанского научного центра РАН  
ООО «Центр сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов»  
367030, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 39а  
E-mail: [bulaeva\\_nurjagan@mail.ru](mailto:bulaeva_nurjagan@mail.ru)*

В статье представлена карта месторождений и перспективных площадей термальных вод по Республике Дагестан. С помощью 3D-модели республики, системы интеграции разнородных данных и банка данных NOAA полученная карта интегрирована в модель и сопряжена с дистанционными данными за 2005-2006 годы. Проведенное исследование доказало целесообразность применения дистанционных данных для исследования геотермальных энергоресурсов Дагестана.

**Ключевые слова:** месторождения и перспективные площади термальных вод, 3D-модель, интеграция данных, данные дистанционного зондирования, банк данных NOAA.

Республика Дагестан уникальна. На ее небольшой территории есть существенные запасы, как углеводородного сырья, так и термальных вод. Актуальным для региона является эффективное использование как традиционных, так и возобновляемых источников энергии, особенно геотермальных ресурсов, поэтому крайне важно разрабатывать и внедрять современные методы и технологии для мониторинга и использования имеющихся ресурсов, не забывая об экологической стороне проблем.

Проводимые нами исследования показывают, что, несмотря на изученность геотермальных ресурсов Дагестана, вопрос о генезисе термальных вод на территории региона все еще остается открытым. Сопоставление установленных и вероятных залежей термальных вод с сеткой глубинных разломов в кристаллическом фундаменте по кровле «гранитного слоя» позволит выявлять особенности вероятных связей приповерхностных залежей термальных вод с глубинной разломной тектоникой и материалами дистанционного зондирования.

Используя новые методы и технологии, такие как сопряженный мониторинг тепловых полей, и разрабатываемые нами геоинформационные технологии, мы можем исследовать аномалии температурного поля над площадями, к которым приурочены геотермальные ресурсы, и проводить пространственно-временное моделирование теплового поля земной коры, для изучения природных ресурсов региона и локализации и оценки геотермальных энергоресурсов [1, 2].

По результатам исследований месторождений и перспективных площадей термальных вод Дагестана мы получили реальную картину размещения термальных ресурсов республики с представлением характеристик указанных объектов по 4 группам:

- разрабатываемые месторождения термальных вод;
- разрабатываемые месторождения термоминеральных вод;
- перспективные площади редкометалльных вод;
- перспективные площади термоминеральных вод.

Стратиграфический интервал продуктивных отложений первой группы – кайнозой, глубины залегания их находятся в пределах 950-2900 м, пластовые температуры составляют 40-110° С. Скважины работают с дебитами от 250- до 3450 м<sup>3</sup>/сут. Общая минерализация вод меняется от 2 до 32 г/л. Преобладает гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый тип вод.

Стратиграфический интервал продуктивных отложений второй группы – мезозой-кайнозой, глубины залегания их находятся в пределах 185-4500 м, пластовые температуры составляют 20-180° С. Скважины работают с дебитами от 150 до 2000 м<sup>3</sup>/сут. Общая минерализация вод изменяется от 1 до 170 г/л. В основном хлоридно-натриевый тип вод.

Стратиграфический интервал продуктивных отложений третьей группы – мезозой-кайнозой, глубины залегания их находятся в пределах 570-5500 м, пластовые температуры составляют 50-200°С. Скважины работают с дебитами от 40 до 12000 м<sup>3</sup>/сут. Общая минерализация вод изменяется от 40 до 200 г/л. Хлоридно-натриевый и хлоридно-кальциевый типы вод.

Стратиграфический интервал продуктивных отложений четвертой группы – мезозой-кайнозой, глубины залегания их находятся в пределах 165-5600 м, пластовые температуры составляют 21-160° С. Скважины работают с дебитами от 60 до 1000 м<sup>3</sup>/сут. Общая минерализация вод изменяется от 3 до 88 г/л. В основном гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый и хлоридно-натриевый типы вод.

Данные по месторождениям и перспективным площадям термальных вод были интегрированы в 3D-модель Дагестана (рис. 1).

Так как одним из важнейших направлений деятельности Центра является использование данных дистанционного зондирования для исследования территории Дагестана и Восточного Предкавказья, то сразу же встал вопрос о сопоставлении полученных температурных данных с данными дистанционного зондирования.

С помощью банка дистанционных данных NOAA и системы интеграции дистанционных данных в 3D-модель космические снимки были наложены на 3D-модель с данными месторождениям и перспективным площадям термальных вод (рис. 2). На рисунке представлена южная часть Дагестана и лишь небольшая часть снимков за 2005 г. (на сегодняшний день банка дистанционных данных NOAA содержит данные за период с 1996 по 2007 г. и постоянно пополняется).

На приведенных изображениях достаточно четко видно, что в пределах контуров некоторых площадей (например, №51, №55, №56, №57, №68) на снимках имеются небольшие положительные температурные аномалии. На остальных полученных нами изображениях некоторые контуры также совпадают с температурными аномалиями, но данное совпадение не так заметно, как на приведенных на рис. 2 изображениях. Конечно, данное совпадение может носить стохастический характер или являться следствием большого перепада высот в данном районе. Здесь необходимо более детальное изучение каждой площади со снимками большого разрешения.

К сожалению, детализация имеющихся в нашем распоряжении снимков NOAA не позволяет работать с небольшими объектами (например, с отдельными месторождениями термальных вод). По этой причине на приведенных изображениях заметна пикселизация наложенных на модель снимков. Данные NOAA мы применяем для изучения Дагестана в целом.

Большим преимуществом разрабатываемых нами технологий является возможность сопряжения разного рода данных. Например, кроме сопряжения дистанционных данных с картой термальных площадей Дагестана с помощью 3D-моделей и систем интеграции данных можно совмещать дистанционные данные с результатами геодинамических исследований, просматривать связь с разломной тектоникой и т.д., повышая, таким образом, достоверность результатов научных исследований и получая новые знания о нашем регионе.

Вопрос о генезисе термальных вод на территории Дагестана всё ещё остаётся открытым, несмотря на изученность отдельных аспектов. Отмечается приуроченность ряда геотермальных систем к разломам и узлам их пересечения, которые трассировались преимущественно по приповерхностным проявлениям. Эти геотермальные системы имели выходы на поверхность в виде термальных источников с температурами до 60-75°С. Но связи этих источников с простиранием и ориентацией разломов на больших глубинах не рассматривались.

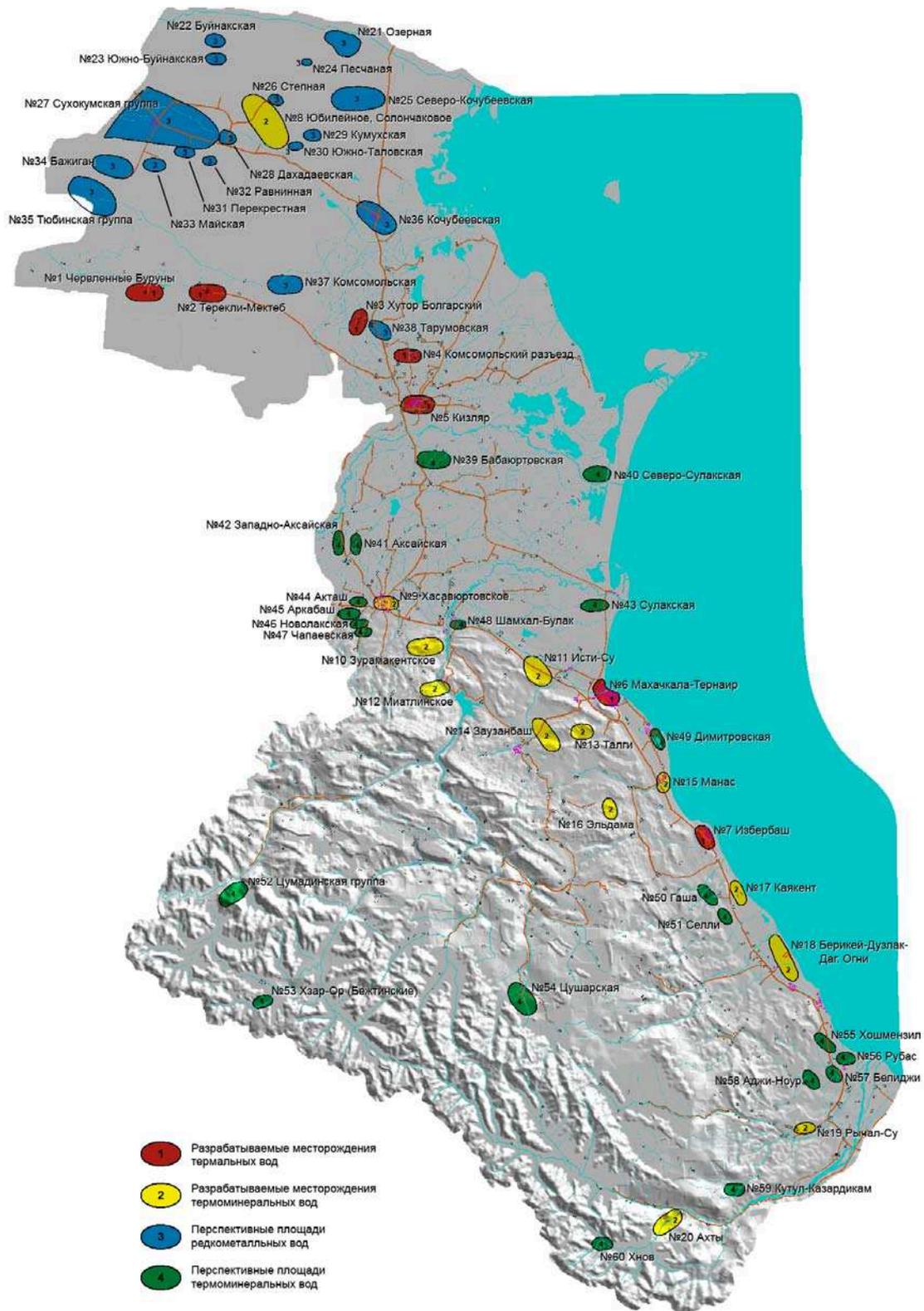
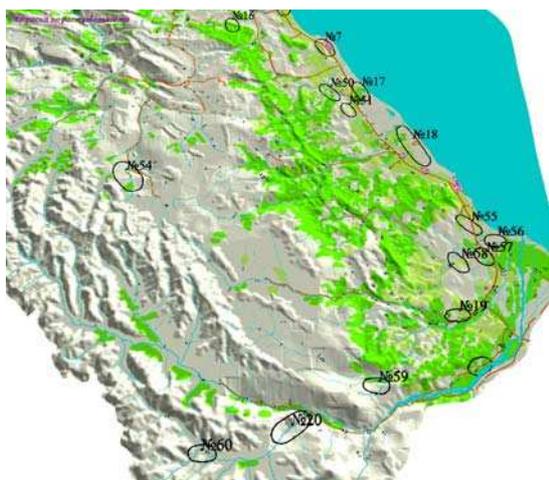
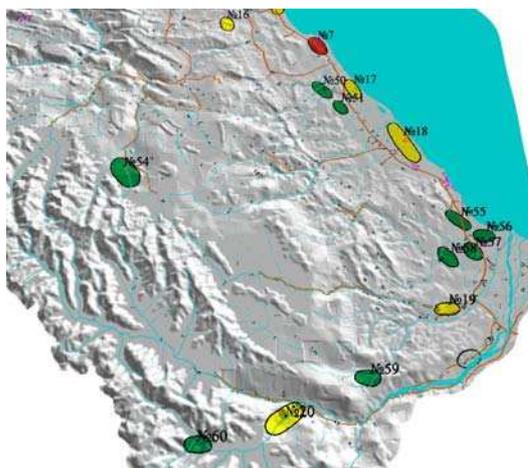


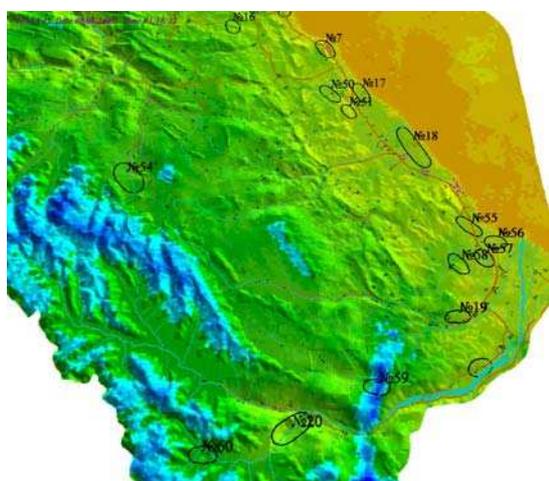
Рис. 1. Месторождения и перспективные площади термальных вод Дагестана



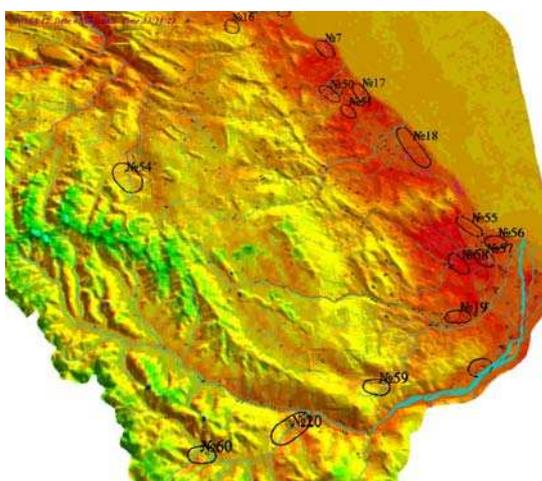
*Окраска по растительности*



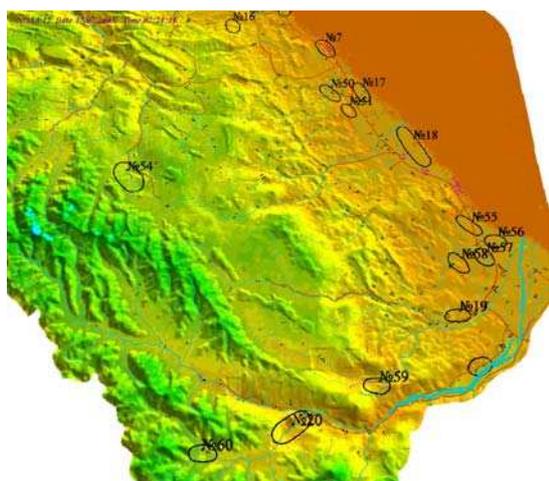
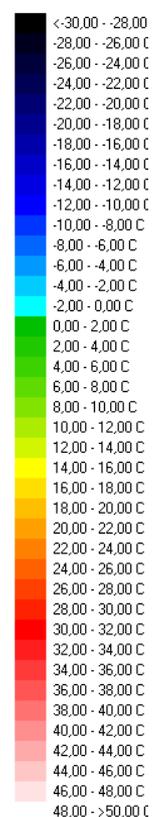
*Окраска по месторождениям и перспективным площадям термальных вод*



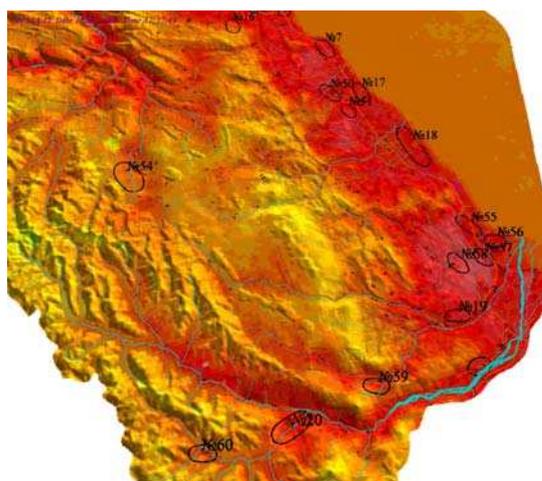
*8 июня 2005, ночной*



*8 июня 2005, дневной*



*17 июля 2005, ночной*



*16 июля 2005, дневной*

*Рис. 2. 3D-модель с интегрированными данными дистанционного зондирования*

Представляется важным сопоставление установленных и вероятных залежей термальных вод с сеткой глубинных разломов в кристаллическом фундаменте – по кровле “гранитного слоя”. Это

позволило бы выявить и уяснить особенности вероятных связей приповерхностных залежей термальных вод с глубинной разломной тектоникой.

Таким образом, в целом можно отметить, что большинство установленных разрабатываемых месторождений термальных и термоминеральных вод имеют приуроченность к трассам продольных и поперечных разломов глубинного простираения по поверхности кристаллического фундамента, а также к узлам их пересечения на этих глубинах. Это даёт основание связать генезис этих месторождений с подпиткой залежей термальных вод из недр с больших глубин. В Площади с вероятными залежами редкометалльных гидротерм и термоминеральных вод имеют лишь единичную приуроченность к сетке этих разломов, что позволяет допустить вероятность приуроченности этих залежей к вторичным разломам в приповерхностных слоях и подпитки термальными водами с температурами более низкими ввиду меньших глубин.

Из мировой практики следует, что термальные воды с температурой в геотермальном резервуаре ниже точки кипения при выходе на поверхность (до 100°C) не могут применяться в связи с низким теплосодержанием для выработки электрической энергии. Они используются, в основном, в целях так называемого "прямого" использования тепла, в том числе, на территории Республики Дагестан.

Общий объём добычи термальных вод уже в 2000 г. превышал 6 млн. м<sup>3</sup>, а общая площадь отапливаемых помещений составила около 280 тыс. м<sup>2</sup>. Известные на сегодня запасы термальных вод республики используются в минимальном объёме, хотя инвестиционные геотермальные проекты уже несколько лет как детально проработаны в ОАО "Геотермнефтегаз" [3] и признаны перспективными, однако всё ещё ждут финансовой поддержки и не реализованы.

С вводом в эксплуатацию новых перспективных площадей с вероятными залежами термальных вод возможности осуществления инвестиционных проектов по использованию термальных месторождений, как в рамках заявленных, так и иных, в регионе существенно увеличатся [4].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-05-96604 – р-юг-а.

### Литература

1. Булаева Н.М., Османов Р.Ш. Система сбора, накопления и интерпретации геофизических данных по Восточному Предкавказью для решения мониторинговых задач // Информационные ресурсы России, 2004. №2, С. 22-25.
2. Булаева Н.М., Кудрявцева К.А., Кобзаренко Д.Н., Аскеров С.Я. Трёхмерное моделирование и анализ теплового поля Махачкалинского месторождения термальных вод // Физика Земли, 2004. №7. С. 65-70.
3. Бражник В.М., Смирнова М.Н. К вопросу строения верхней мантии и нижних горизонтов земной коры северо-восточного Предкавказья // Труды ИГ Даг. ФАН СССР, Махачкала, 1985. Вып. 33. 69-86.
4. Инвестиционные проекты (Использование тепла Земли) Махачкала, изд-во ТЭК ОАО "Геотермнефтегаз" – ИПГ ДНЦ РАН, 2005. Вып.1. 131 с.

# Use remote given for research of geothermal power resources of Daghestan

N.M. Bulaeva, R.S. Osmanov

*Establishment of Russian Academy of Sciences – Institute of Geothermal Research of Daghestan Scientific Center, 367030, Russia, Daghestan, Makhachkala, av. Imama Shamilya, 39-a*

*E-mail: [bulaeva\\_nurjagan@mail.ru](mailto:bulaeva_nurjagan@mail.ru)*

In article is presented map of deposits and perspective are of thermal water on Republic Daghestan. Using of 3D-models of the republic, the systems to integrations heterogeneous data and databank NOAA got map integrated in model and associate with remote given for 2005-2006. The Called on study has proved; proven practicability of the using remote given for study of geothermal energy resources of the Daghestan.

**Keywords:** deposits and perspective areas of thermal water, 3D-model, integration of the data, data of remote sounding, databank NOAA.