

Геотермальная аномалия в окрестностях г. Хомс (А Р Сирия) и ее гидрогеологическое значение

Делчо Моллов¹, Или Саркис²

¹ Геологически институт БАН, 1113 София

² Генерална компания за водни изследвания, Хомс, Пощ. кутия 752, Сирия

D. Mollov, I. Sarkis — The geothermal anomaly in the area of Homs (A. R. Syria) and its hydrogeological significance. The northeastern part of the mountain system Antilebanon is in the process of neotectonic uplift. At least in its Syrian part it is bounded on both sides by faults and karstified Cenomanian limestones and dolomites are in contact with the less permeable sediments of the Neogene. This environment hampers the drainage of the aquifer in the Cenomanian sediments. The neotectonic uplift elevates the warmer beds towards the surface while the handicapped drainage does not permit cooling of the massif by underground waters. As a result a geothermal anomaly in the area of the town of Homs originated. The water temperature in some springs reaches 26.8°C and in boreholes at a depth of 275 m 31.6°C has been recorded.

The discussed mechanism of the formation of the geothermal anomaly indicates that the underground waters of Antilebanon play a small part in the alimentation of the numerous springs in Bekaa Valley. The main alimentation is from Lebanon Mts.

Введение

В 30 км южнее г. Хомс долина Бекаа соединяется с Хомской депрессией. Там оканчиваются и последние отроги горных систем Ливана и Антиливана. По границам долины Бекаа выходит большое количество крупных источников (дебитом 200—1500 dm³/s) как со стороны Ливана, так и со стороны Антиливана. По химическому составу и по температуре воды источники разделяются на две группы. Источники со стороны Ливана характеризуются температурой воды 16—17 °С и общей минерализацией 250—300 mg/dm³. Остальные же воды, выходящие в подножиях Антиливана, имеют температуру 23—29 °С и общую минерализацию 400—500 mg/dm³. Хотя литологический состав пород, слагающих горные системы Ливана и Антиливана, одинаковый (известняки и доломиты), подземные воды в этих породах довольно существенно отличаются друг от друга. Причина этого — разные гидролиниамические и неотектонические условия. Этот вопрос и рассматривается в настоящей работе.

Геологическая структура и литологический состав пород

Долина Бекаа является депрессией, ограниченной антиклиналями систем Ливана и Антиливана (D u b e r t r e t, 1941—1943). Вытянута она с юго-запада на северо-восток (рис. 1). В основном расположена на территории Ливана, и только неболь-

шая ее часть находится в пределах Сирии. Происхождение долины Бекаа пока что не совсем ясно. Считается, что по крайней мере на территории Сирии она ограничена разломами от горных систем Ливана и Антиливана (Ропикагов, 1966). Начиная приблизительно с города Баалбек (в Ливане), долина постепенно пони-

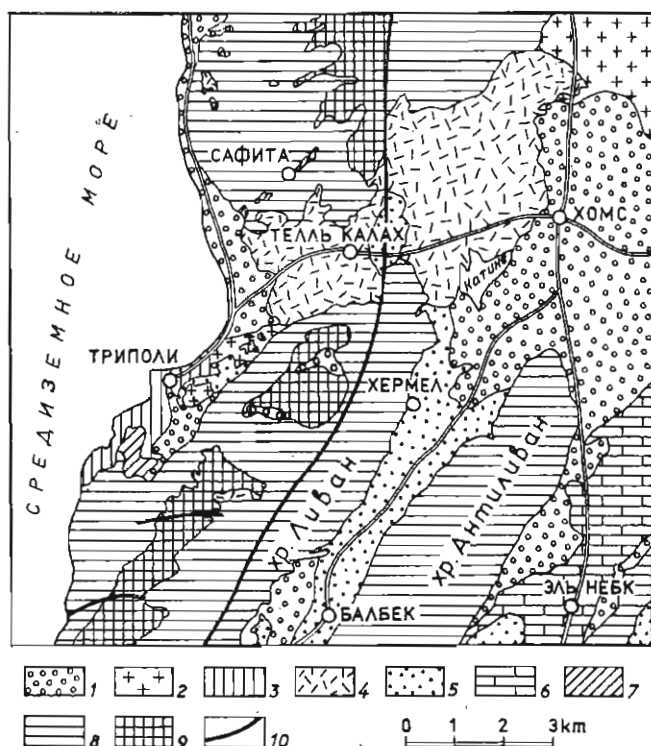


Рис. 1. Геологическая карта части Сирии и Ливана (по Dubertrt)

1 — четвертичные отложения (пролювий и аллювий); 2 — плиоцен (известняки, мергели и песчаники); 3 — миоцен неподделенный (известняки и мергели); 4 — неогеновые базальты; 5 — неоген неподделенный (известняки, мергели, песчаники, конгломераты); 6 — палеоген (песчаники, известняки и мергели); 7 — сенон (мергели и глины); 8 — альб-турон (известняки доломиты); 9 — юра (известняки, доломиты); 10 — большой Сирийско-Ливанский разлом

жается в сторону Сирии и южнее г. Хомса соединяется с Хомской депрессией. Антиклинали Ливан и Антиливана сложены в основном известняками и доломитами мелового и юрского возраста. На территории Сирии обнажаются только отложения сеномана и турона. В пределах Сирии Антиливан окаймлен со всех сторон мощными пролювиальными шлейфами. У подножья Ливана не наблюдается таких отложений (рис. 2). В долине Бекаа, под маломощным покровом четвертичных отложений, залегают осадки неогена озерного происхождения. На территории Ливана они представлены конгломератами. В северо-восточном направлении мощность отложений неогена увеличивается, в их составе появляются мергели, известняки и песчаники. В пределах Сирии мощность неогена превышает 300—500 м. Под ним залегают отложения турона и сеномана.

Район исследований и геотермические данные о нем

Район исследований охватывает Сирийскую часть горных систем Ливана и Анти-Ливана и заключенный между ними участок долины Бекаа, где она соединяется с

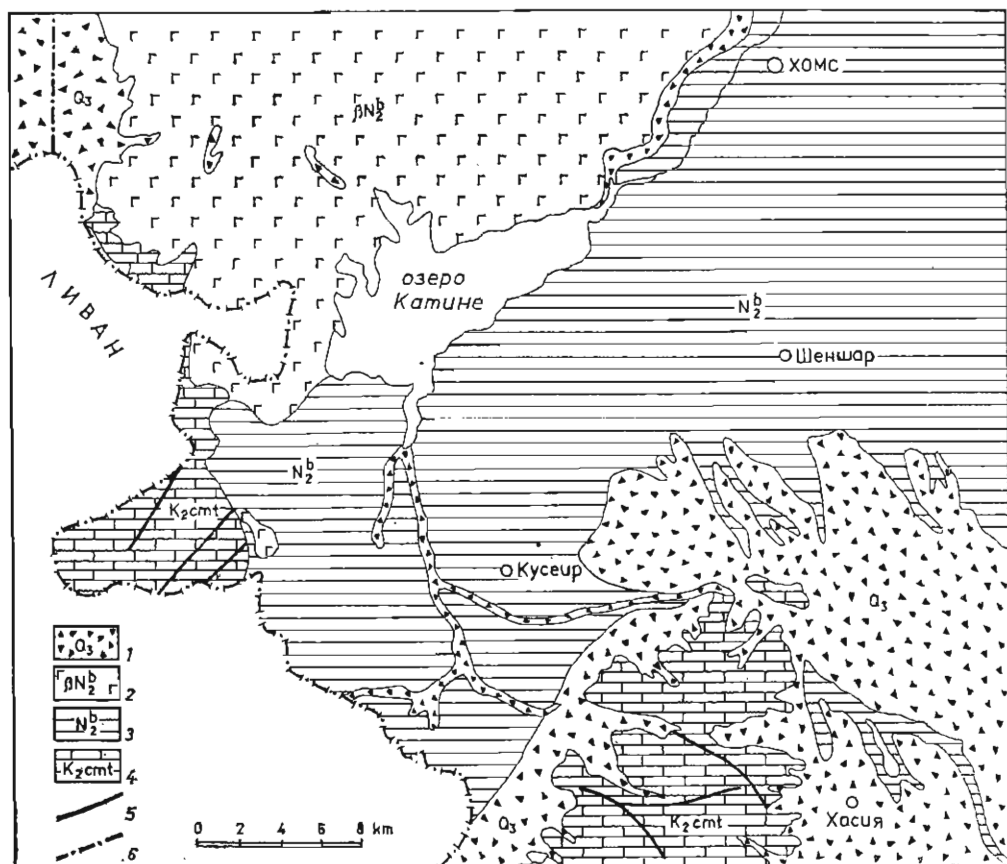


Рис. 2. Геологическая карта района г. Хомс (по Ропикаров):

1 — верхнечетвертичные отложения (пролювий); 2 — базальты неогеновые; 3 — плиоцен (известняки, мергели, песчаники, конгломераты); 4 — сеноман-турон (известняки, доломиты); 5 — разлом установленный; 6 — разлом предполагаемый

Хомской депрессией. Хотя район относительно небольшой, но он предлагает большое разнообразие гидродинамических и геотермических схем. Об этом говорят следующие данные.

В сентябре 1985 г. были измерены температура и электропроводимость воды источников и некоторых скважин, пробуренных для целей водоснабжения и орошения. Измерения проводились во время работы скважин. Часть результатов измерений приведена на рис. 3. Остальные будут упомянуты в тексте. В дополнении к показанному на рис. 3 добавим еще следующее:

— Источник Аин Сахне (что на арабском означает „теплый“) выходит на периферию крупного конуса выноса. Скорее всего, это группа источников, изливающих на различных отметках по веерообразной системе балок. Температура воды 22—26,8 °С. Ее электрическая проводимость 400—480 микромоса (μм). Дебит источника порядка 450 dm³/s. В 500 м западнее находится другой источник — Аин Харунд — 23 °С, а электрическая проводимость — 420 μм. На расстоянии 1500 м от

Аин Сахне скважина в конусе выноса показывает температуру 21,4 °С и электрическую проводимость 400 μm . Рядом скважины вскрывают в известняках сеномана воду с температурой 25—26 °С и электрической проводимостью 610—630 μm .

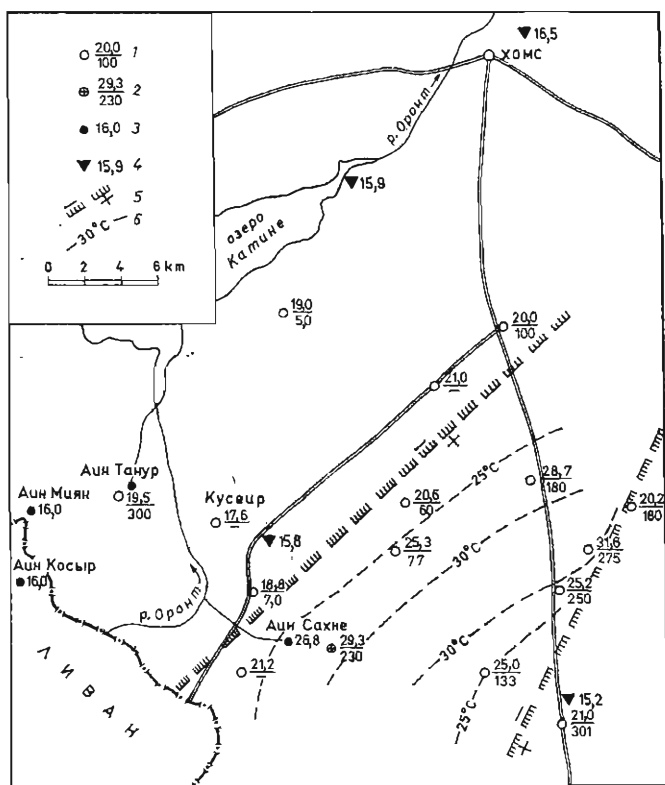


Рис. 3. Схема геотермической аномалии:
 1 — скважина: в числителе — температура воды (°С); в знаменателе — глубина (m); 2 — скважина с каротажными данными: в числителе — температура воды (°С); в знаменателе — глубина скважины (m); 3 — источник; справа — температура воды (°С); 4 — метеорологическая станция: справа — среднегодовое температура воздуха (°С); 5 — разлом по геофизическим данным; 6 — изотерма 30°С

— Источник Аин Танур находится в центральной части низменности, где развиты отложения неогена. Источник дает начало ручью, на дне которого наблюдаются выходы подземных вод. Суммарный дебит разгрузки здесь составляет 1500—1800 dm^3/s . В центральном источнике наблюдаются нисходящие и восходящие воды. Температура нисходящих вод 17 °С. Их электрическая проводимость 330 μm . Восходящие воды образуют большое озеро и поэтому трудно измерить действительную температуру. Во всяком случае, она больше 17 °С. Ее электрическая проводимость 370 μm . Рядом пробурена скважина глубиной 300 m, которая дает артезианскую воду с температурой 19,5 °С и электрической проводимостью 370 μm . На расстоянии 2 km к юго-востоку находится источник Аин Самак с дебитом 350—400 dm^3/s . Температура воды 17,2 °С, а электрическая проводимость 310—330 μm .

— Источник Миян выходит из базальтов, которые залегают на размытой поверхности известняков сеномана. Вода напорная, это дает основание предположить,

что она формируется в известняках. Кроме того, водосборная область базальтов недостаточна для формирования источника дебитом 200—250 dm^3/s . Температура воды 16 °С, а ее электрическая проводимость — 280 μm .

— Источник Косыр самый интересный из всех. В начале глубокого оврага имеется периодически действующий родник с дебитом 150—200 dm^3/s . Вода появляется и исчезает через 1—2 часа в зависимости от сезона года. В 300—500 м на дне оврага наблюдается большое количество постоянно действующих родников. На Ливано-Сирийской границе суммарный дебит родников составляет 700—800 dm^3/s . Температура воды 16 °С, а ее электрическая проводимость — 290 μm . Овраг врезан на глубину 8—10 м в конгломераты неогена. Питание источника, однако, происходит из известняков сеномана.

Геотермический градиент определен приблизительно в двух точках. Северо-западнее источника Аин Сахне (3 км) в отложениях неогена рядом работают две скважины. Одна из них пробурена до глубины 10 м, дает воду температурой 18,3 °С. Вторая имеет глубину 60 м и температура воды в ней 19,2 °С. Отсюда получается температурный градиент 1,8 °С/100 м. Северо-восточнее источника Аин Сахне (1,5 км), в отложениях сеномана, на расстоянии 100 м друг от друга работают две скважины глубиной 60 и 80 м. Температура воды соответственно 25,4 и 25,8 °С. Геотермический градиент, следовательно, здесь приблизительно 2 °С/100 м.

На карте (рис. 3) прослеживается положительная геотермальная аномалия в горной системе Антиливана.

Происхождение геотермальной аномалии и основные ее характеристики

Геологические и тектонические данные этой части Сирии говорят о том, что термомалия связана с неотектоническим поднятием района, при котором более подогретые слои выносятся ближе к поверхности. В схеме новейшей тектоники Сирии, приложенной к геологической карте масштаба 1:500 000 (Ропикагов В. Р., 1964), Козлов относит Антиливана к зоне современного горообразования и неотектонического поднятия. Наличие мощного прогиба со всех сторон Антиливана свидетельствует о неотектоническом поднятии (как раз этот факт подтолкнул авторов искать геотермальную аномалию). Юго-восточная граница Антиливана связана с большим разломом. Подобный разлом предполагается по северо-западной границе (Ропикагов В. Р., 1966).

Геофизические изыскания последних лет показали наличие двух разломов, которые прямо связаны с геотермической аномалией. Эти разломы показаны на карте (рис. 3). С обеих сторон Антиливана закарстованные известняки и доломиты сеномана контактируют с менее водопроницаемыми отложениями неогена. В северо-восточном направлении карбонатные породы сеномана погружаются под толщу неогена. Таким образом, со всех сторон Антиливана на Сирийской территории созданы условия относительно замедленного водообмена. Концентрированная разгрузка может осуществляться только по поперечным тектоническим нарушениям, как например Аин Сахне. Отметим еще, что такая разгрузка возможна в сторону долины Бекаа, так как отметки поверхности там самые низкие.

Итак, механизм образования геотермальной аномалии нам представляется в следующем виде: Антиливан поднимается, более подогретые слои выносятся ближе к поверхности, затрудненный водообмен препятствует быстрому уносу тепла инфльтрационными карстовыми водами. Так и возникла геотермальная аномалия.

До сих пор речь шла только о вертикальном выносе тепла. По всей вероятности, существует и горизонтальный перенос тепла из юго-западных частей Антиливана. Западнее источника Аин Сахне пробурена разведочная скважина и сделан каротаж. Фрагмент каротажной диаграммы показан на рис. 4. Такой характер распределе-

ния температуры по глубине может иметь место только тогда, когда в горизонтальном направлении движутся более теплые воды. При том, процесс этот так молод, что более теплые воды не успели подогреть весь массив, а только наиболее проницаемые зоны — трещины и карстовые пустоты. Движение теплых вод в горизонталь.

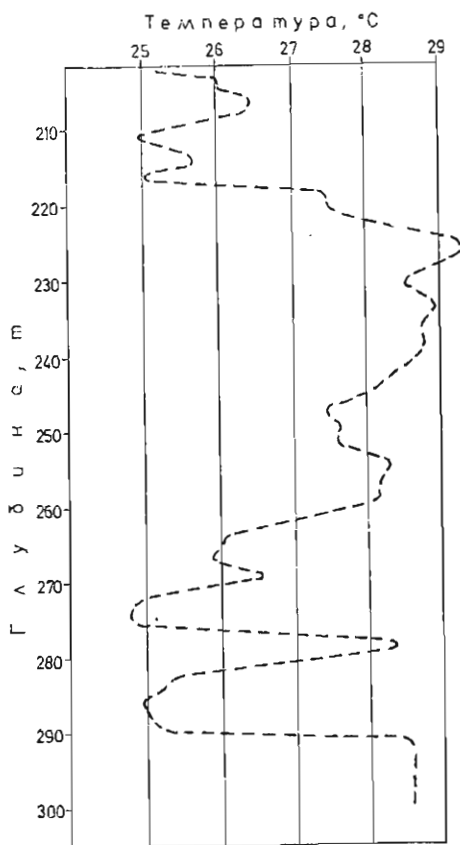


Рис. 4. Термограмма скважины восточнее источника Аин Сахне

ном направлении сомнений не вызывает, но о направлении движения можно судить на основании косвенных признаков, говорящих о движении с юго-запада. Основные соображения геологические. Имеется и более серьезный аргумент: в городе Набек (80 км южнее Хомса по дороге на Дамаск) среднегодовая температура воздуха 12,7°С, а среднегодовая температура почвы на глубине 100 см — 14,7°С. Поэтому можно предполагать, что где-то на юго-западе существует более интенсивное неотектоническое поднятие, откуда и движутся более теплые воды.

Гидрогеологическое значение геотермальной аномалии

Геотермические измерения сделаны в действующих скважинах. Откачиваемая вода осредняет температуру по стволу скважины. Поэтому показанные изотермы на рис. 3 приблизительны. Но так или иначе, геотермальная аномалия не вызывает никакого сомнения, и из этого можно сделать соответствующие практические выводы.

Сам факт наличия геотермальной аномалии вблизи г. Хомса важен, так как это реальная перспектива вскрытия термальных вод. Кроме того, механизм ее возникновения позволяет сделать ряд существенных выводов относительно гидродинамических условий района в целом. Принципиальное значение имеет то, что условия дренирования карбонатных пород Ливана и Антиливана разные. Отсюда вытекает их разное участие в балансе подземных вод долины Бекаа и в питании выходящих там источников.

Подземные воды карбонатных пород Антиливана дренируются частично отложениями неогена. Их основная разгрузка осуществляется в районе источника Аин Сахне. Эти воды не принимают участия в питании остальных источников. Высказанные ранее данные о температуре и химизме вод вполне согласуются с таким выводом.

Карбонатные породы горной системы Ливана характеризуются хорошими фильтрационными показателями и создают благоприятные условия для формирования и движения подземных вод. Как температура, так и химизм вод источников, приуроченных к известнякам сеномана, свидетельствуют о хороших условиях дренирования. Воды этого горизонта принимают участие в питании почти всех источников, за исключением Аин Сахне.

Геотермальная аномалия в Сирийской части Антиливана выражена очень четко. Механизм ее формирования проявляется в относительно чистом виде. Геотермический контраст между Ливаном и Антиливаном еще больше делает наглядным значение неотектонического поднятия и затрудненного дренажа при формировании аномалий. Но на востоке, в горной системе Пальмирид наблюдаются геотермальные аномалии, возникшие при участии ряда факторов, в том числе и неотектонического поднятия. Используя аномалию в окрестностях г. Хомса как эталон, можно выяснить многие процессы и в восточной части Сирии.

Л и т е р а т у р а

- D u b e r t r e t, L. 1941—1943. Carte géologique de la Syrie et du Liban ou 1/1000,000 (2 ed.) Beyrouth.
- P o n i k a r o v, V. P. 1964. Geological map of Syria, scale 1/500,000 V/O Technoexport, Moskva.
- P o n i k a r o v, V. 1966. Geological map of Syria, scale 1/200,000 sheets I. 36-XVIII, I. 37-XIII, V/O Technoexport. Moskva.

(Поступила на 10. XI. 1985 г.)