

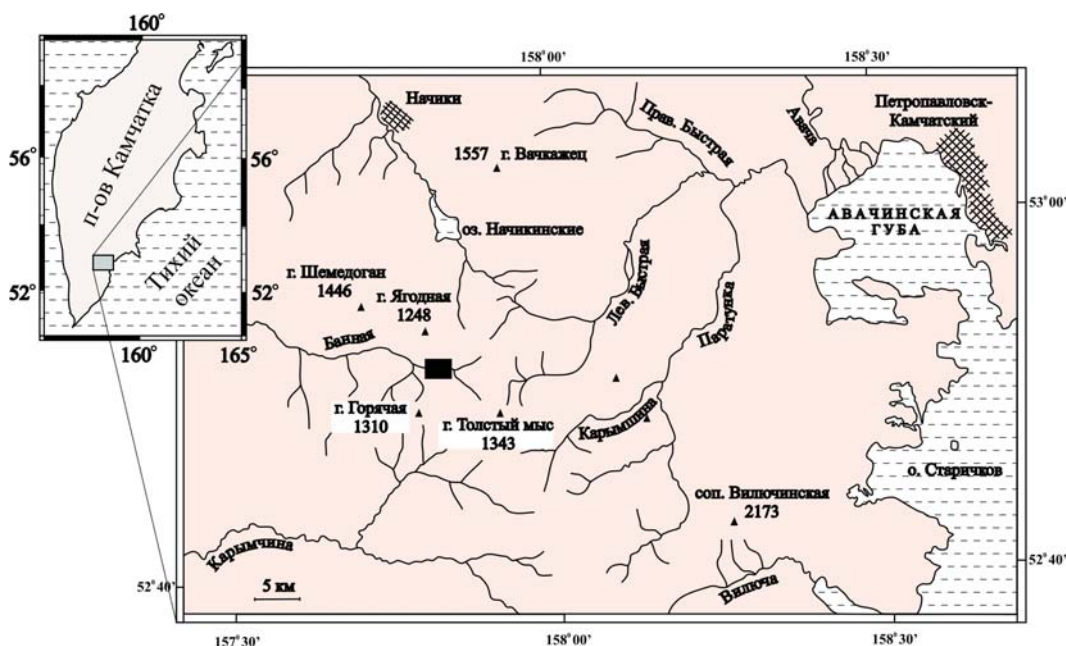
## РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ БОЛЬШЕ-БАННЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

В.Л. Леонов<sup>1</sup>, А.Н. Рогозин<sup>1</sup>, О.В. Соболевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (СГУ)

<sup>2</sup>Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Горячие ключи в верховьях р. Банной – одна из наиболее крупных и известных групп термальных источников на Камчатке [3, 4, 8, 9, 12]. Они находятся в южной части полуострова, на расстоянии около 60 км по прямой от г. Петропавловска-Камчатского (рис. 1).



**Рис. 1.** Физико-географическое расположение района Больше-Баннных термальных источников на Камчатке (черный прямоугольник на врезке)

Источники приурочены в основном к левому берегу р. Банной, к участку, где долина реки расширяется и имеет относительно ровное и плоское дно (рис. 2). По данным [3] до начала буровых работ группа Больше-Баннных источников насчитывала более 500 естественных выходов. И сегодня здесь известно множество горячих и пульсирующих источников, грязевых и паровых котлов, прогретых площадок почвы, которые резко выделяются отсутствием на них высокорослой растительности [12].

Правый берег реки в районе выхода термальных вод крутой и скалистый (рис. 2). Река здесь подмывает высокую коренную террасу, высота которой - 6-10 м. Левый берег низкий и пологий. Пойма каменистая, на участке выхода горячих ключей покрыта скудной растительностью и мхом. В отличие от правого берега, здесь в рельефе хорошо выражены две террасы. Высота первой террасы - около 3 м, второй - 7 м, ширина их достигает, соответственно, 170 и 120 м. Как первая, так и вторая надпойменные террасы покрыты во многих местах отложениями гейзерита, образующими террасовидные уступы второго порядка.

Горячие источники прослеживаются вдоль реки на протяжении примерно 1.5 км. Их выходы есть в пойме, на террасах и у самого уреза воды. Температура воды в

источниках колеблется от 20-30 до 90-98°C, дебит источников изменяется от тысячных до сотых долей литра в секунду в межень до 1.5-2 л/с в период весеннего снеготаяния [4]. Величина естественного расхода гидротерм с учетом скрытой разгрузки в реку Банную, определенная гидрохимическим методом до начала разведочных работ, составляла 60 л/с [4].



**Рис. 2.** Общий вид долины реки Банная, где расположены Больше-Баннные термальные источники и где проводилась термосъемка. Вид с востока на запад, вниз по течению реки. Фото В.Н. Двигало

### История изучения района

Первое письменное упоминание о Больше-Баннных источниках датируется 1707 годом. Оно было записано в городе Якутске со слов трех казаков, которым довелось побывать на полуострове Камчатка [10]. Как прямо указывается в описании, на одной из трех «Розсошных» рек, впадающих в реку Большую, находились гейзеры, которые били сравнительно на небольшую высоту («верх в колене и выше»). Наиболее вероятно, что здесь идет речь о реке Банной, которая ранее называлась Бааню [10].

Зимой 1737 г. Больше-Баннные источники были осмотрены и описаны выдающимся исследователем Камчатки С.П. Крашенинниковым [5]. Он посетил «горячие ключи при речке Бааню» (так тогда назывались источники), «сочинил описание оным ключам на латинском языке и сделал план». Позже краткие описания источников оставили Б.И. Дыбовский в 1881 г., Н.В. Слюнин в 1889 г., Е. Гультен в 1920-1921 гг. Более детальные исследования провели П.Т. Новограбленов в 1924 г. [8], Б.И. Пийп в 1934 г. [9], В.В. Иванов в 1950-1952 гг. [1].

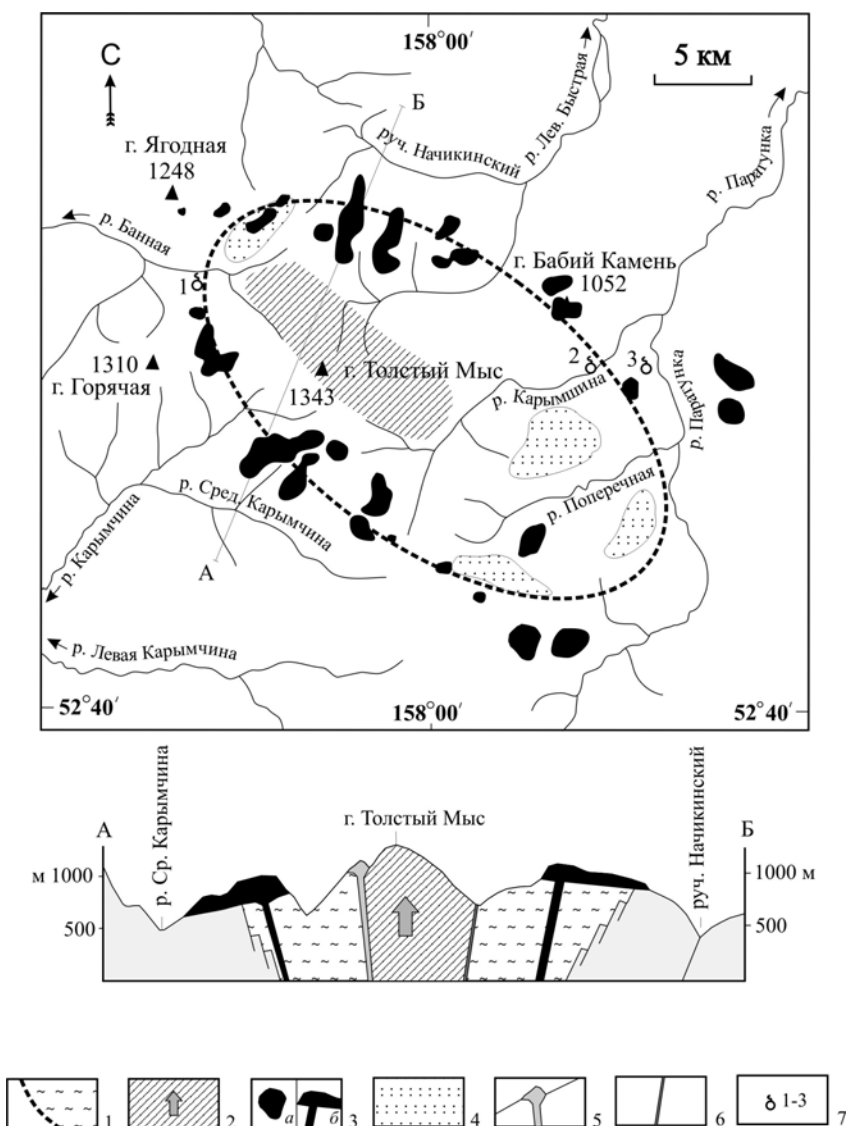
В работе Б.И. Пийпа [9] впервые подробно освещается геологическое строение долины р. Банной в районе термопроявлений, описаны условия выхода и характер деятельности горячих вод. В.В. Иванов, рассматривая условия формирования воды источников, отнес их к генетическому типу слабоминерализованных азотных щелочных терм, рассмотрел условия их формирования [1].

В 1952 г. в бассейне р. Банной проводилась комплексная геологическая и гидрогеологическая съемка в масштабе 1:500000 (В.П. Мокроусов и др.). В 1959 г. район Баннных источников был охвачен комплексной геологической съемкой масштаба 1:200000, которую вела партия КРайГРУ (В.Н. Бондаренко и др.). В период с 1961 по

1969 г. Камчатским территориальным геологическим управлением осуществлялись геологоразведочные работы на источниках (нач. партии В.Я. Коваленко) [11]. Были пробурены 28 поисковых и 25 разведочных скважин глубиной до 70 м. Впервые термоявления долины р. Банной были рассмотрены с позиций единой гидротермальной системы [4].

### Геологические позиции Больше-Баннных термальных источников

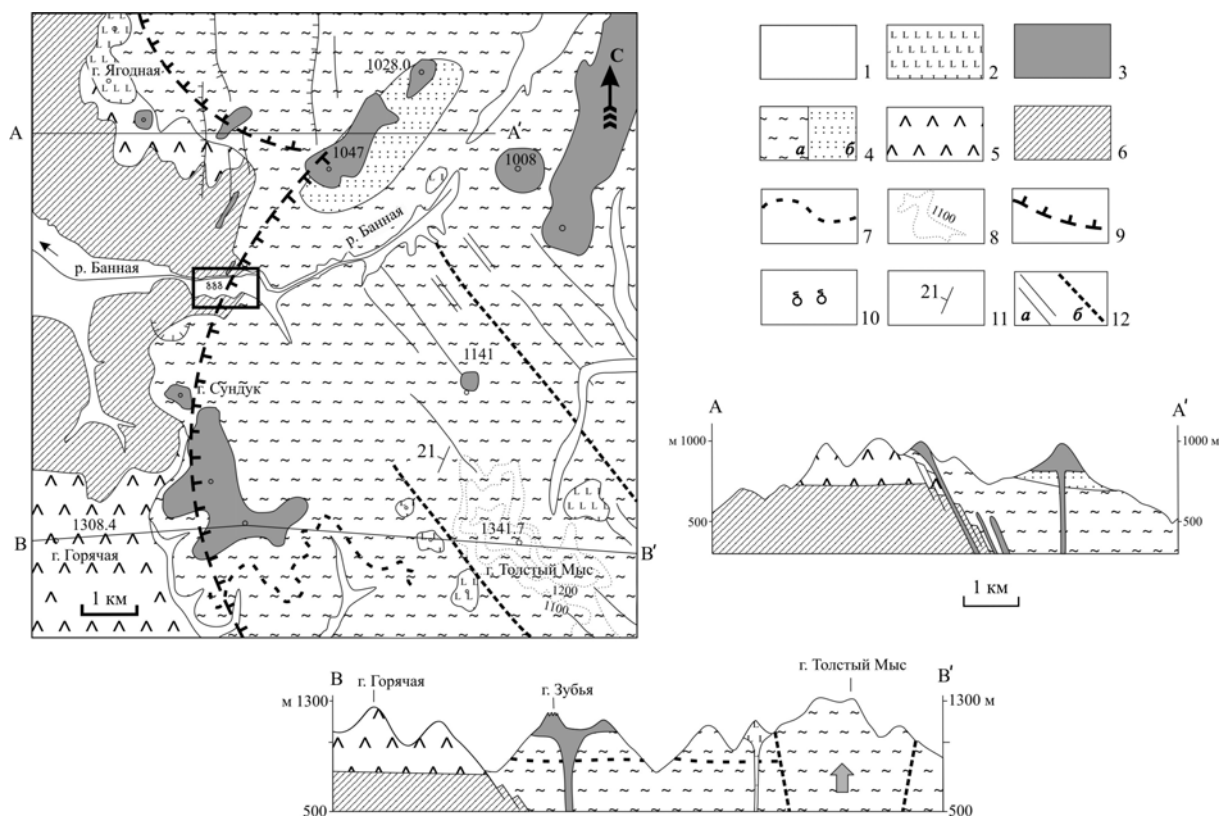
В 2004-2006 годах нами были проведены специальные работы по уточнению геологического строения рассматриваемого района с целью определения структурных позиций Больше-Банного и Карымшинского геотермальных месторождений [6] (рис. 3). Мы пришли к выводу, что в рассматриваемом районе необходимо выделять крупную кальдеру и дали выделенной структуре название – кальдера Карымшина [6].



**Рис. 3.** Обобщенная схема, показывающая границы новой кальдеры и ее внутреннее строение [6]. 1 - границы кальдеры и заполняющие ее отложения (показаны только на разрезе); 2 - резургентное поднятие; 3 – риолитовые экструзии и связанные с ними лавовые потоки: (а) – на схеме, (б) – на разрезе; 4 - районы, где были обнаружены озерные отложения – туфопесчаники, туфоалевролиты; 5 - небольшие вулканические постройки, сложенные базальтовыми лавами; б - рудоносные жилы, расположенные по краям резургентного поднятия; 7 – термальные источники (1 – Больше-Баннные, 2 – Карымшинские, 3 – Верхне-Паратунские)

Надо отметить, что еще в 70-е годы XX века при геолого-съемочных работах в рассматриваемом районе был выявлен обширный район, в котором преобладают породы кислого состава. Эти породы были выделены в особую дацит-риолитовую формацию, а район, где вскрывались эти породы, рассматривался как крупная вулканотектоническая депрессия [7]. В дальнейшем существенно менялись представления о возрасте и об объеме дацит-риолитовой формации, а также размерах вулканотектонической депрессии, что было связано со слабой изученностью района [2, 11, 13, 14, 15]. В [13] были приведены новые датировки пород формации, свидетельствующие о ее эоплейстоценовом возрасте.

Проведенные нами работы позволили не только во многих местах установить фактические границы депрессии, определить ее истинные очертания, но и выявить особенности вулканизма более позднего этапа, реконструировать связанное с ним резургентное поднятие [6]. Были по-новому рассмотрены и позиции термальных источников в районе. Если раньше предполагалось [4], что источником нагрева термальных вод является магматический очаг, расположенный в недрах массива сопки Горячей, то после реконструкции границ кальдеры, существующей в данном районе, стало очевидно, что термальные источники связаны с границей этой кальдеры (рис. 4).

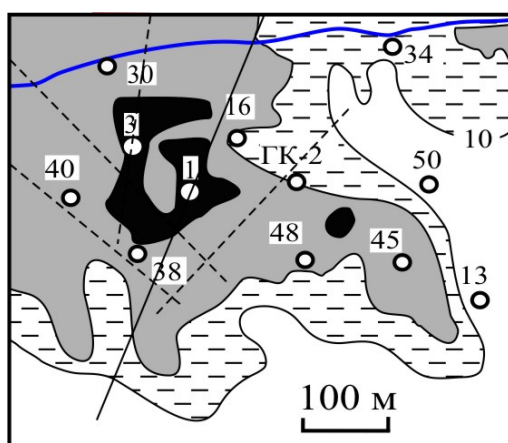


**Рис. 4.** Схема геологического строения и геологические разрезы верховьев р. Банная. 1 – отложения долин рек; 2 – небольшие вулканические постройки, сложенные базальтовыми лавами; 3 – экструзии, дайки и потоки, сложенные риолитами и риодацитами; 4 – туфы и игнимбриты Карымшинского комплекса (а), туфопесчаники, туфоалевролиты - озерные отложения (б); 5 – лавы дацитового состава, слагающие массивы гор Горячая и Ягодная; 6 – нерасчлененные древние отложения; 7 – маркирующий горизонт дацитовых лав в толще пород Карымшинского комплекса; 8 – изолинии рельефа в районе горы Толстый Мыс (в метрах); 9 – реконструированные границы крупных депрессий, заполненных породами Карымшинского комплекса; 10 - термальные источники; 11 - элементы залегания; 12 – разрывные нарушения: (а) – трещины и сбросы, (б) – взбросы, ограничивающие по краям поднятие горы Толстый Мыс. Прямоугольник в центре рисунка - район, где проводилась термосъемка. А-А' и В-В' – линии разрезов. На разрезе В-В' стрелкой, направленной вверх, показан поднятый блок горы Толстый Мыс

Нами было показано, что вулкан сопки Горячая – древний вулкан, и предполагать, что в его недрах существует доныне магматический очаг – источник тепла для гидротермальных систем – нет оснований. Данные, приведенные в [6], позволяют предполагать, что современная гидротермальная деятельность в районе связана, с одной стороны, с тем, что в тех местах, где проходит граница кальдеры, повышена проницаемость земной коры (из-за проходящих там разломов), а, с другой стороны, что существующий в недрах района крупный магматический очаг, над которым в эоплейстоцене сформировалась кальдера, а в нижнем-среднем плейстоцене – резургентный купол, продолжает сохранять тепло и нагревать флюиды и воды, циркулирующие вокруг него. Таким образом, позиция Больше-Банной гидротермальной системы определяется глубоким врезом долины реки Банная, пересекающей край кальдеры в ее северо-западной части.

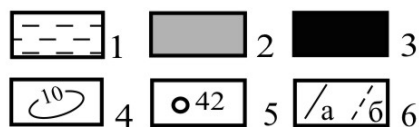
### Результаты термометрической съемки, проведенной на Больше-Баннских источниках в 60-х годах XX века

Предыдущая термометрическая съемка на Больше-Баннских источниках была проведена более 40 лет назад во время детального изучения Больше-Банного месторождения Камчатским территориальным геологическим управлением [4]. Была составлена первая термометрическая карта источников (ее фрагмент приведен на рис. 5). В ходе геологоразведочных работ были выделены тектонические нарушения и сделан вывод, что наиболее проницаемыми являются зоны нарушений субмеридионального и северо-восточного направлений.



**Рис. 5.** Термометрическая карта района выходов Больше-Баннских гидротерм (по [4]).

1-3 – участки с температурой грунта на глубине 0,7-1,0 м: 1 – 10-25°, 2 – 25-50°, 3 – 50-100°; 4 – геоизотермы; 5 – поисковые и разведочные скважины (цифра – номер скважины); 6 – основные водоподводящие трещинные зоны: а – установленные, б – предполагаемые



В целом было установлено, что температурное поле в районе Больше-Баннских гидротерм вблизи земной поверхности крайне неоднородно. На тех участках, где происходит интенсивная разгрузка гидротерм, температура грунта на глубине 1 м. достигала 75-100°C. В восточной части месторождения температурный фон был понижен, там температуры не превышали фонового значения (10°C). Это подтверждалось и данными по измерению температур в скважинах – изотерма 100°C в них в западной части месторождения фиксировалась на глубине первых метров, а в восточной части погружалась на глубину до 80 м и более [4].

Сравнение геотермической карты с данными по геологии района привели исследователей к выводу, что проводящими каналами для высокотемпературных гидротерм служат зоны контактов субвулканических тел и даек кислого, среднего и основного состава, имеющих северо-восточное простирание [4].

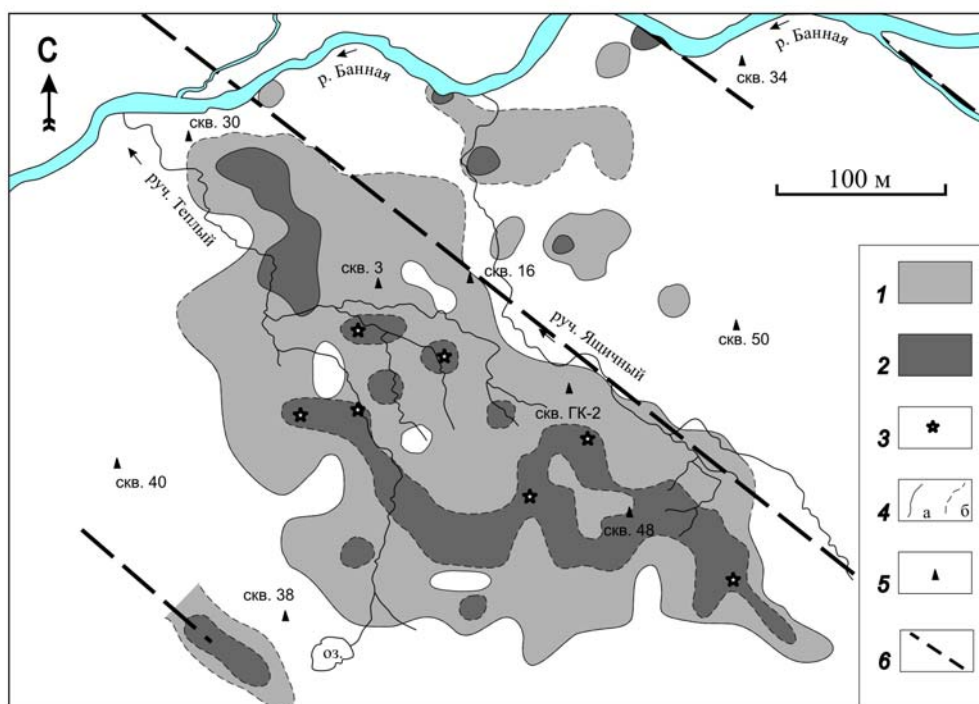
Было также отмечено, что в процессе опытной эксплуатации режим парогидротерм был существенно нарушен - прекратили действие 7 источников из 20, у остальных уменьшился дебит [4]. Отмечалось также появление новых паровых струй.

К началу 70-х годов XX века разведочные работы, проводившиеся на Больше-Банном месторождении Камчатским территориальным геологическим управлением были прекращены. Новых исследований, в том числе наблюдений за режимом термальных источников, вплоть до последнего времени в районе не проводилось.

### Результаты термометрической съемки, проведенной на Больше-Баннх источниках в 2004-2007 гг.

Наши работы на Больше-Баннх источниках были начаты в 2004 г. На первом этапе мы ставили цель составить подробную карту источников, уточнить их привязку (используя аэрофотоматериалы), вернуть источникам названия, так как многие старые названия были утрачены. Нами были описано на основной термальной площадке 70 горячих источников, измерены их температуры, отмечен характер связанной с ними растительности, отмечено наличие или отсутствие бактериальных матов и минеральных отложений. По результатам описания составлена карта источников, данные о них были сведены в таблицу [12].

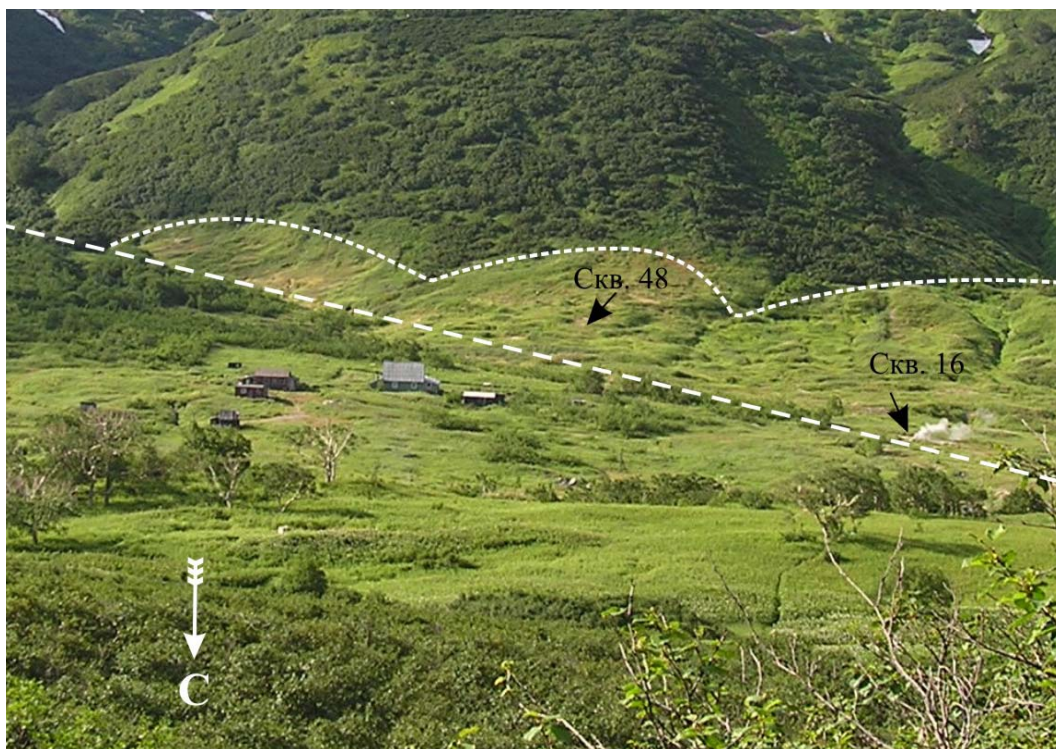
На втором этапе в 2005-2007 гг. с помощью сотрудников лаборатории геодезии и дистанционных методов исследования ИВиС ДВО РАН по руководством В.Н. Двигало была составлена топографическая карта района Больше-Баннх источников в масштабе 1:2000. На карте была нанесена сетка с шагом в 20 м и на этой основе была проведена термометрическая съемка (рис.6).



**Рис. 6.** Термометрическая карта центрального участка Больше-Банного месторождения (составлена по результатам работ 2005-2007 гг.). Топографическая основа выполнена В.Н. Двигало. 1 – 2 - участки с температурой на глубине 0.7-1.0 м: 25-50°C (1) и 50-75°C (2); 3 – точки, где на глубине 0.7-1.0 м были замерены температуры от 75 до 95°C; 4 – изотермы, а – установленные, б - предполагаемые; 5 – скважины; б - предполагаемые разломы

Температура грунта замерялась термопарой на глубине в основном 0.7-1.0 м. Район, на котором была проведена съемка, охватывает основную термальную площадку и имеет размеры примерно 400 м в ширину и 400 м в длину.

В результате термометрической съемки выделено две температурные зоны. Первая зона с интервалом температур от 25 до 50°C, вторая – от 50 до 75°C. Выделено также семь участков с температурой выше 75 градусов (на рис. 6 показаны звездочкой). Выявлена основная особенность температурного поля – то, что оно вытянуто в северо-западном направлении и имеет с северо-востока отчетливую прямолинейную границу, проходящую примерно вдоль русла ручья Ящичный (рис. 6). Эта граница в восточной части поля выражена уступом в рельефе - предполагаемым сбросом, у которого поднято северо-восточное и опущено юго-западное крыло (рис. 7).



**Рис. 7.** Юго-восточная часть термального поля Больше-Банного месторождения. Пунктиром показано направление разлома (сброса), проходящего вдоль северо-восточной границы термального поля. Правее разлома видны обширные прогретые площадки (очерчены точечной линией). Вид с севера на юг. Фото В.Л. Леонова

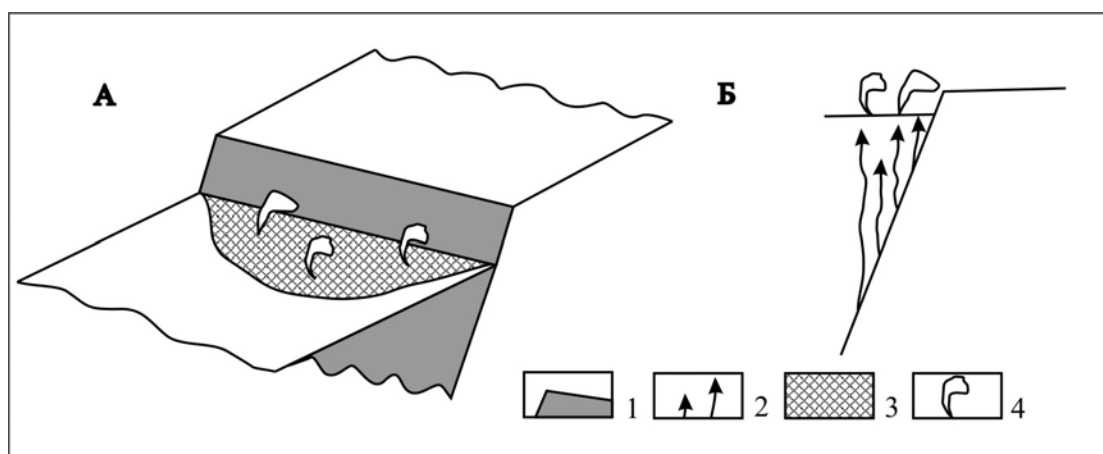
### **Обсуждение результатов**

Предполагаемые нами условия возникновения основной термальной аномалии на Больше-Банном месторождении показаны на рис. 8. Как мы предполагаем, термальные воды и пар, поднимающиеся с глубины, попадают в зону разлома (сброса) северо-западного простирания и, поднимаясь вдоль нее, достигают поверхности в основном со стороны опущенного крыла разлома. Именно наклон плоскости сместителя разлома и наличие относительно опущенного крыла приводят к тому, что на поверхности формируется термальная площадка, вытянутая вдоль линии разлома и расположенная в основном к юго-западу от него (рис. 6, 8).

Формирование сброса северо-западного простирания в долине р. Банной не является чем-то исключительным – разломы такого направления обычны для рассматриваемого района (см. рис. 4). Крупные дислокации этого направления формируют границы резургентного поднятия в центре кальдеры Карымшина и трассируются в сторону Больше-Банного месторождения (см. рис. 3, 4).

На рис. 6 видно, что кроме основной термальной площадки в северо-западном направлении вытянуты многие ручьи и другие термоаномалии района, в частности, термальная площадка на юго-западе около скважины 38. К сожалению, западная часть Больше-Банного месторождения не была полностью покрыта термосъемкой, и осталось не ясным сколь далеко на северо-запад протягивается эта термальная площадка.

Сравнение термометрических карт, созданных нами (рис. 6) и Камчатским территориальным геологическим управлением (рис. 5), показывает, что в общих чертах термальные аномалии совпадают, хотя есть и отличия. Нами не установлено значительного распространения термоаномалии на северо-запад, а также мы не можем подтвердить по поверхностным аномалиям сделанный в [4] вывод, что распространение термопроявлений на поверхности контролируют зоны нарушений субмеридионального и северо-восточного направлений.



**Рис. 8.** Принципиальная схема, показывающая условия формирования основной термоаномалии Больше-Банного месторождения (*А* – вид «с высоты птичьего полета», *Б* – вид на разрезе). 1 – зона сместителя сброса северо-западного простирания, контролирующего термоаномалию, 2 – поднимающиеся в зоне разлома пар и термальная вода, 3 – термоаномалия на поверхности, 4 – выходы пара и термальные источники

Как было отмечено выше, в [4] при сравнении геотермической карты, составленной в 60-е годы XX века, с данными по геологии района авторы пришли к выводу, что проводящими каналами для высокотемпературных гидротерм служат зоны контактов субвулканических тел и даек кислого, среднего и основного состава, имеющих северо-восточное простирание. Эти выводы, как считали авторы, подтверждали и данные о термоизогипсах и о концентрациях хлора и сульфата в водах из скважин [4].

Выявленные по геологическим и буровым данным субвулканические тела и дайки северо-восточного простирания связаны, по-видимому, с границей кальдеры Карымшина, над которой расположено Больше-Банное месторождение. Граница в этом районе имеет северо-восточное простирание (см. рис. 4), и из-за проходящих вдоль нее разломов обладает повышенной проницаемостью.

Описанные выше условия возникновения поверхностной термоаномалии на Больше-Банном месторождении, ее связь с разломом северо-западного простирания, по-видимому, характерны лишь для наиболее верхней части месторождения, а глубже структурный контроль потока термальных вод и пара осуществляется по другим каналам, основные из которых – это разломы, ограничивающие с северо-запада кальдеру Карымшина.

Рассмотренные в статье горячие ключи в верховьях р. Банной представляют собой крупное месторождение подземного тепла, которое, несомненно, в будущем будет активно использоваться людьми, как для получения электроэнергии, так и в бальнеологических целях. Изменение температуры источников и термальных площадок



– один из важных показателей, позволяющий следить за изменениями, происходящими в гидротермальной системе. Важный метод, позволяющий зафиксировать такие изменения – проводящаяся периодически термометрическая съемка. Полученные новые данные о температурном поле вблизи поверхности на Больше-Банном месторождении относятся к режимным наблюдениям, которые должны проводиться на месторождении и в дальнейшем.

### **Выводы**

1. В работе представлена новая термометрическая карта основного термального поля Больше-Банного геотермального месторождения, проведено сопоставление созданной термометрической карты с подобной картой, созданной Камчатским геологическим управлением в 60-х гг. XX века.

2. Показано, что большую роль в строении термального поля Больше-Банного геотермального месторождения играют разрывные нарушения северо-западного направления. Выделявшиеся ранее нарушения северо-северо-восточного направления проявлены в поверхностной структуре менее отчетливо и, по-видимому, характерны для больших глубин.

3. Представлена новая принципиальная модель формирования основной термоаномалии Больше-Банного месторождения. Впервые показана роль разлома (сброса) северо-западного простирания, пересекающего долину р. Банной и существенно перераспределяющего поток термальных вод и пара, поступающий с глубины.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотруднику лаборатории геодезии и дистанционных методов исследования ИВиС ДВО РАН В.Н.Двигало за создание топографической карты Больше-Банного месторождения, без которой создание детальной термометрической карты месторождения было бы невозможно. Авторы благодарны также Ю.А.Куракину, директору лыжной базы «Лесная», за регулярное предоставление транспорта для доставки полевого отряда в район Больше-Банных источников. Особая благодарность сотрудникам ИВиС ДВО РАН В.И. Андрееву и А.В. Мушинскому - за помощь в проведении термометрической съемки.

Работа выполнена в рамках проектов ДВО РАН №№ 04-Ш-А-08-036, 05-Ш-А-08-068 и 06-Ш-А-08-329, а также по проекту РФФИ № 05-05-64730.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Иванов В.В.* Основные закономерности формирования и распространения термальных вод Камчатки // Молодой вулканизм СССР. Труды Лаборатории вулканологии АН СССР. Вып. 13. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 186-211.
2. Карта полезных ископаемых Камчатской области М 1:500000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализации и ореолов рассеяния полезных ископаемых. Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 562 с.
3. *Кононов В.И., Поляк Б.Г.* Больше-Банные источники на Камчатке // Гидротермальные условия верхних частей земной коры М.: Наука, 1964. С. 52-72.
4. *Краевой Ю.А., Оханкин В.Г., Серезников А.И.* Результаты гидрогеологических и геотермических исследований Большебанной и Карымчинской гидротермальных систем // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток, 1976. С. 179-211.
5. *Крашенинников С.П.* Описание земли Камчатки. Под ред. Н.В. Думитрашко и Л.Г. Каманина. М.: Географгиз, 1949. 292 с.
6. *Леонов В.Л., Rogozin A.N.* Карымшина – гигантская кальдера-супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология, 2007. №5. С. 14-28.

7. *Лоншаков Е.А.* Ряды вулcano-тектонических структур и структурно-вещественные парагенезисы Южно-Камчатского района // Бюл. вулканол. станций. 1979. №57. С. 79-91.
8. *Новограбленов П.Т.* Банные горячие ключи // Известия государственного русского географического общества. Т. LXI. Вып. I. 1929. С. 41-58.
9. *Пийп Б.И.* Термальные ключи Камчатки. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1937. С. 168-211.
10. *Полевой Б.П.* Казачья «скаска» 1707 г. о камчатских гейзерах и Ключевской сопке // Вопросы географии Камчатки. 1965. № 3. С. 119-121.
11. *Серезников А.И., Зимин В.М.* Геологическое строение Паратунского геотермального района, влияние отдельных геологических факторов на современную гидротермальную деятельность // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток, 1976. С. 115-142.
12. *Соболевская О.В.* Больше-Баннные источники: история изучения, современное состояние // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. №4. Петропавловск-Камчатский. Изд-во КГПУ. С. 130-135.
13. *Шеймович В.С., Головин Д.И.* Возраст кислых вулканитов района Больше-Баннных источников // Вулканология и сейсмология, 2003. №1. С. 21-25.
14. *Шеймович В.С., Патока М.Г.* Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Недра, 1989. 208 с.
15. *Шеймович В.С., Хацкин С.В.* Риодацитовая магматическая формация Юго-Восточной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1996. № 5. С. 99-105.

## **GEOTHERMAL STRUCTURE OF THE BOLSHE-BANNY THERMAL SPRINGS FIELD (SOUTHERN KAMCHATKA)**

**V.L. Leonov<sup>1</sup>, A.N. Rogozin<sup>1</sup>, O.V. Sobolevskaya<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, e-mail: lvl@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Kamchatkan Branch of the Geophysical Survey of the RAS, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, e-mail: sva06@emsd.ru*

A new thermometric map of the main Bolshe-Banny thermal spring field presents in this work. This map was compare with thermometric map of the main Bolshe-Banny thermal spring field which was made by Kamchatka's geologists in 60 years of the XX century. It is shown that in presence the north-west faults are main peculiarity of this field. The north-east faults, which were distinguish in this region earlier, located in deeper levels of the Bolshe-Banny thermal spring field. The new principal model of the thermal field subsurface is shown. The main role in control of the thermal fluids belongs to the north-west faults according to this model.