

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ РТУТИ В СОВРЕМЕННЫХ РУДООБРАЗУЮЩИХ ГАЗО- ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

С.Н. Рычагов*, А.А. Нуждаев*, И.И. Степанов**

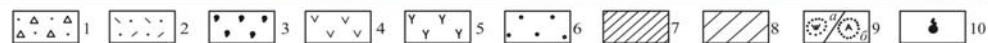
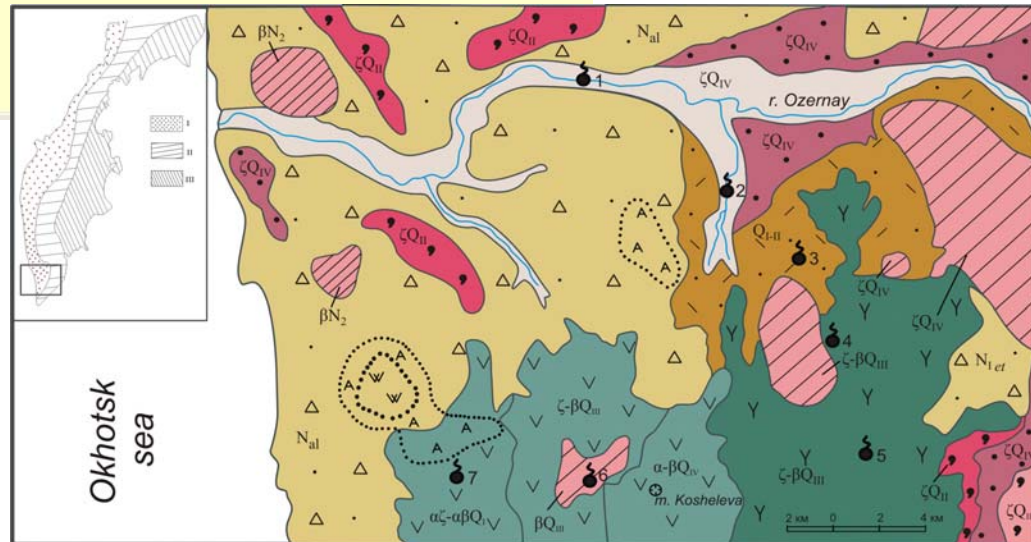
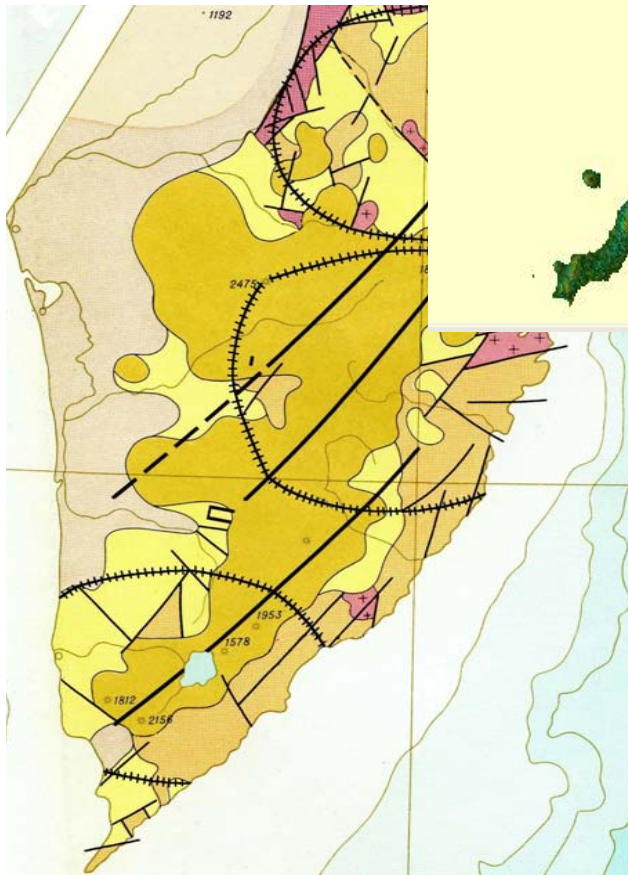
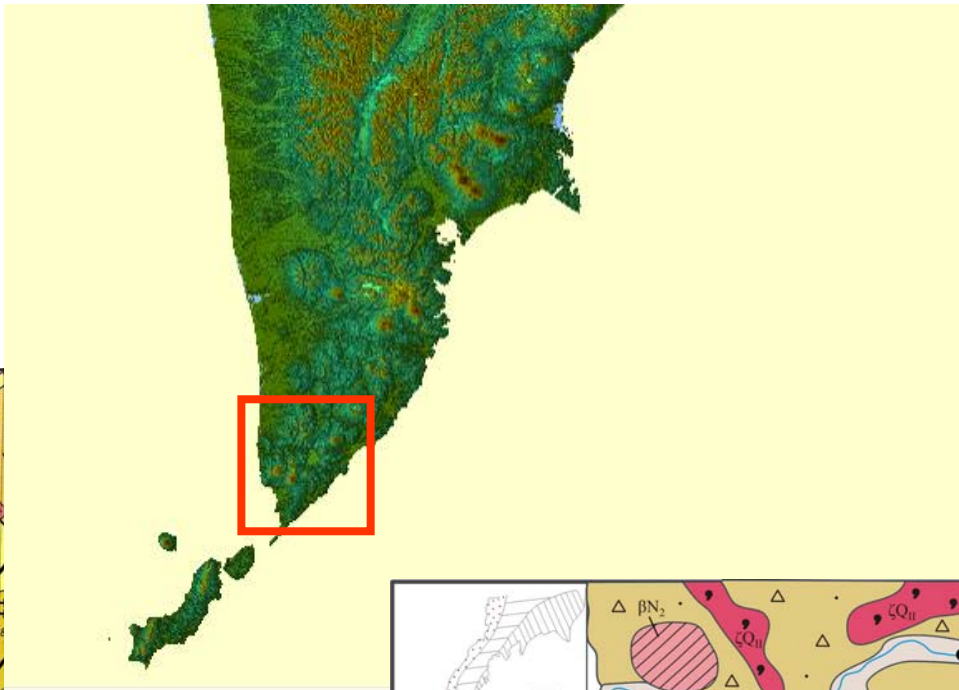
**Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

***ОАО «Александровская опытно-методическая экспедиция»*

Выявление геотермальных зон

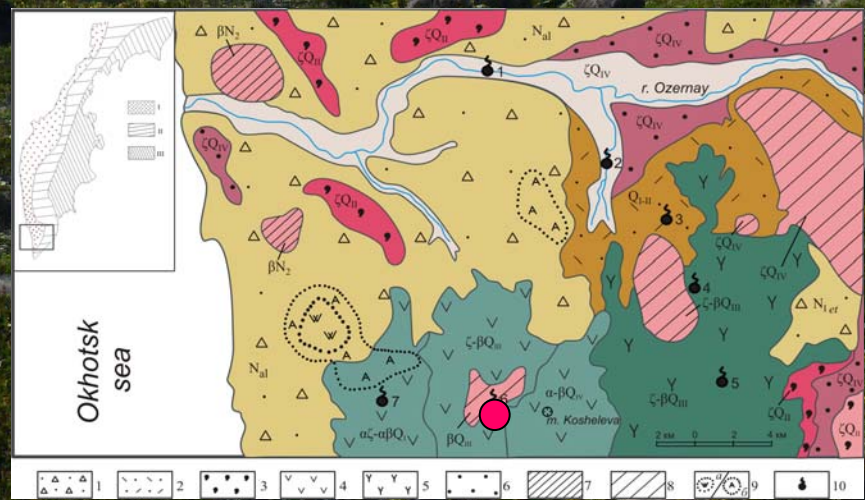
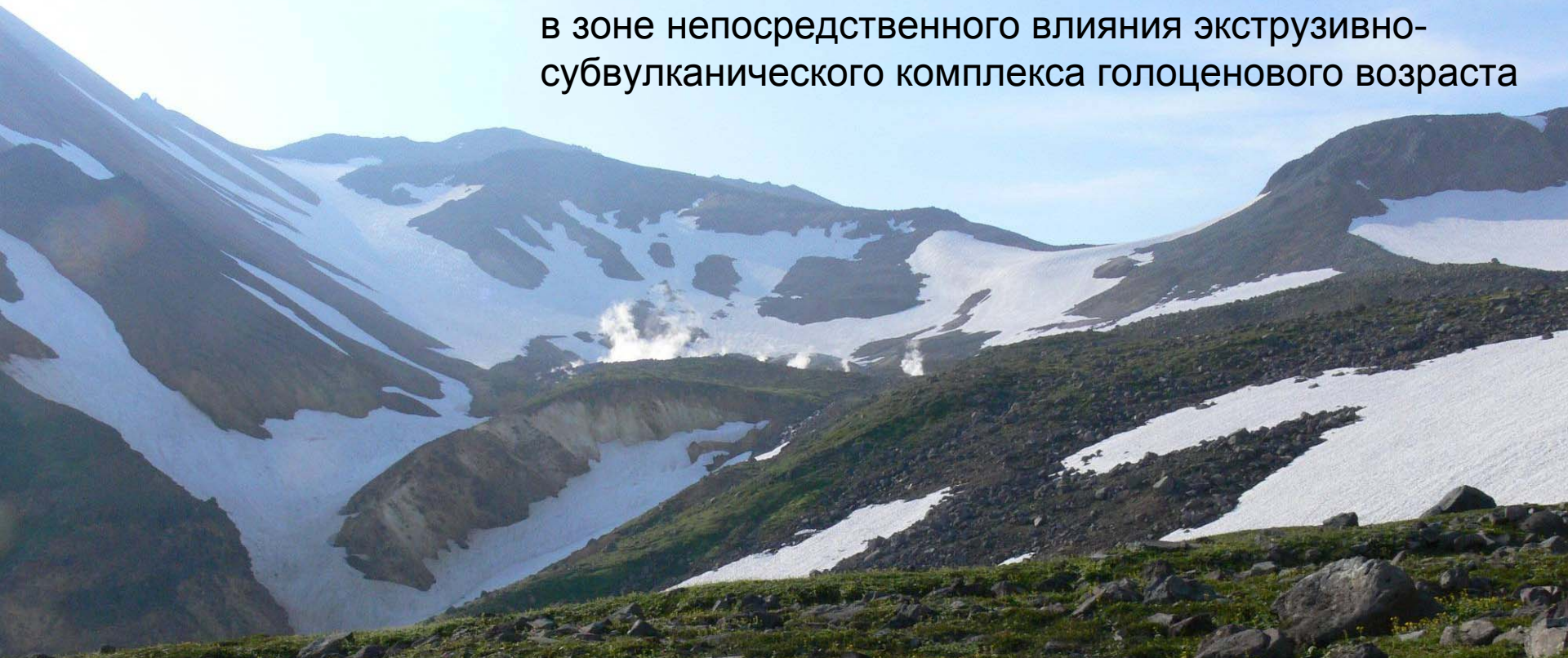
В геотермии поиск аномалий ртути связывают с выявлением глубинных структур проницаемых для восходящих флюидных потоков. В совокупности с другими методами это помогает выделить участки миграции гидротермального флюида, а так же рудные зоны (Трухин, и др. 1986).



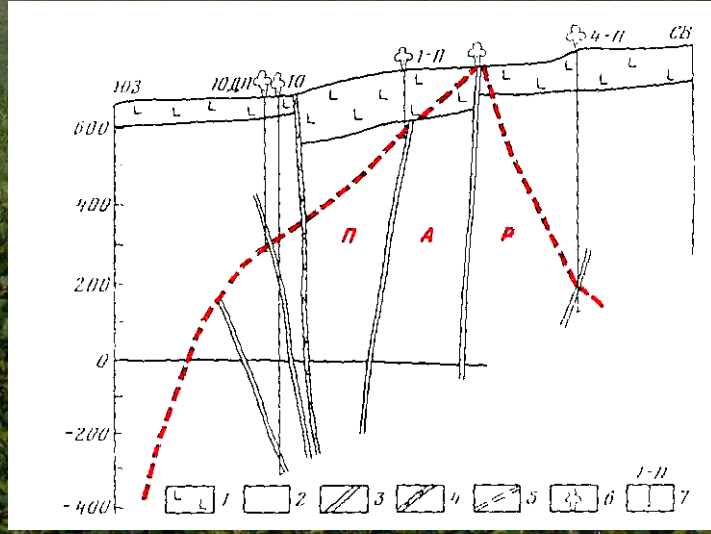
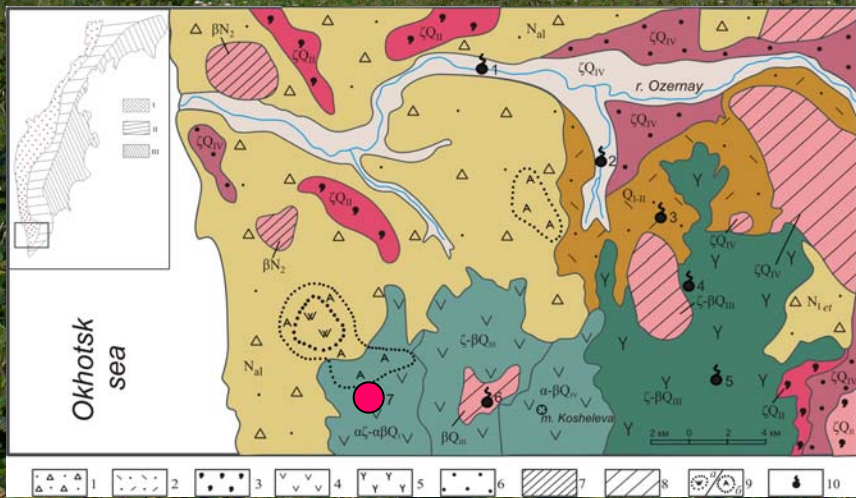


Геологическая схема составленная по геологической карте СССР масштаба 1:200 000, Западно-Камчатской серии

Верхне-Кошелевская термоаномалия,
расположенная в эрозионной воронке влк. Валентин
в зоне непосредственного влияния экструживно-
субвулканического комплекса голоценового возраста

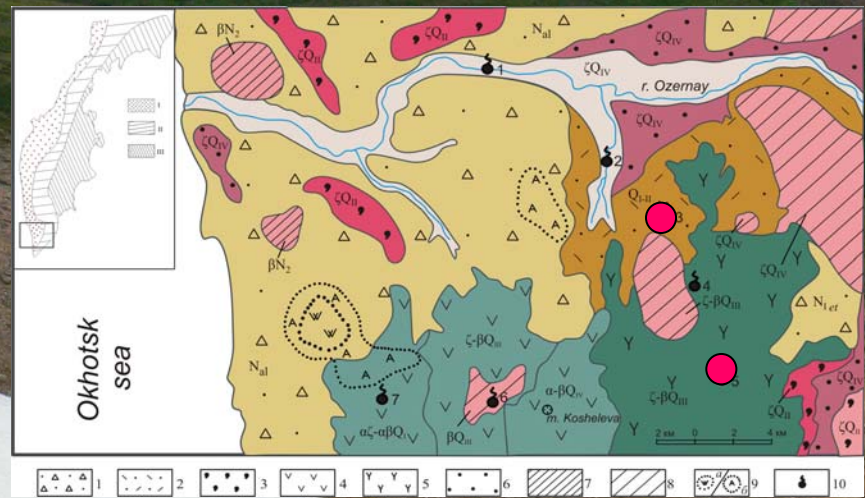
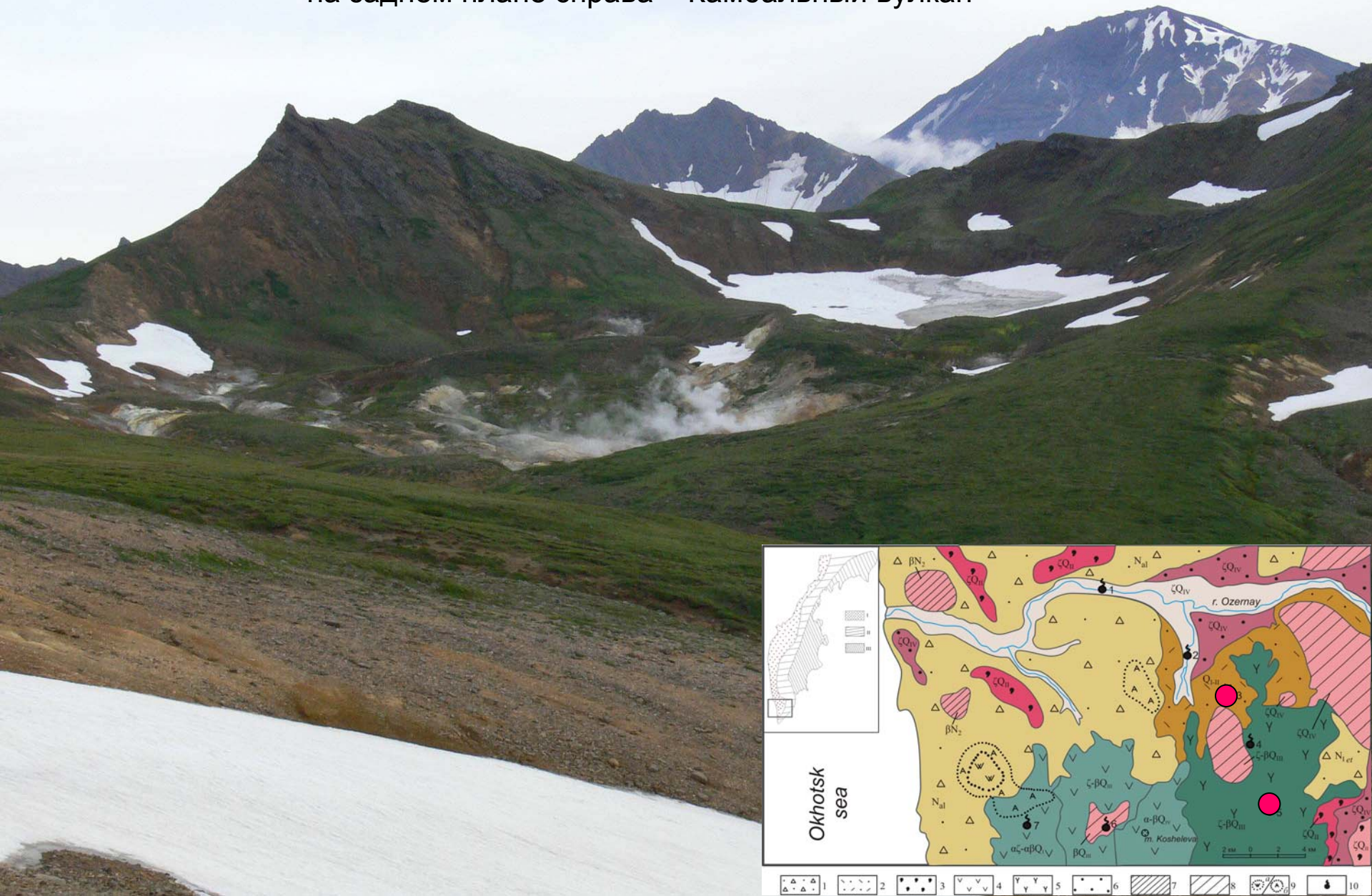


Нижне-Кошелёвская термоаномалия, локализованная над мощной зоной перегретого пара Нижне-Кошелёвского геотермального месторождения

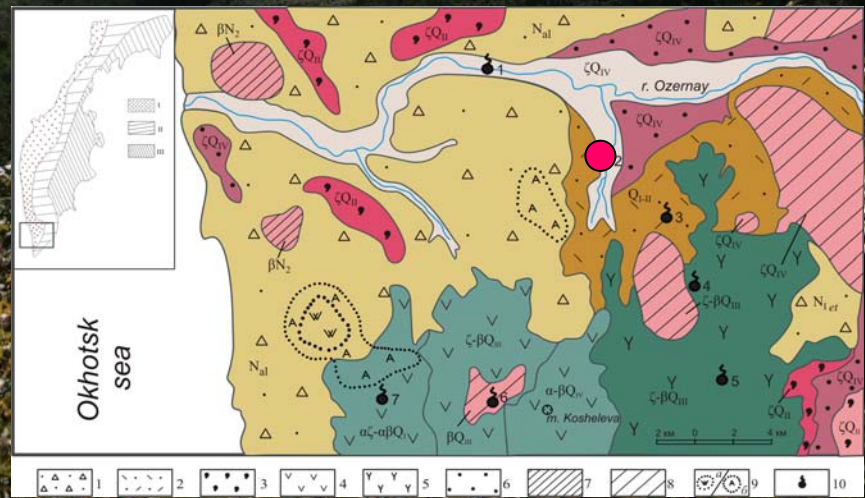


Термопроявления Камбального вулканического хребта

на переднем плане – Южно-Камбальное Центральное термальное поле,
на заднем плане справа – Камбальный вулкан



Паужетское геотермальное месторождение, Южная Камчатка (установленная мощность 11 МВт_э)



Все вышперечисленные объекты относятся к гидротермальным системам, где происходит современное рудо-минералообразование



Исследовалось поведение ртути в:

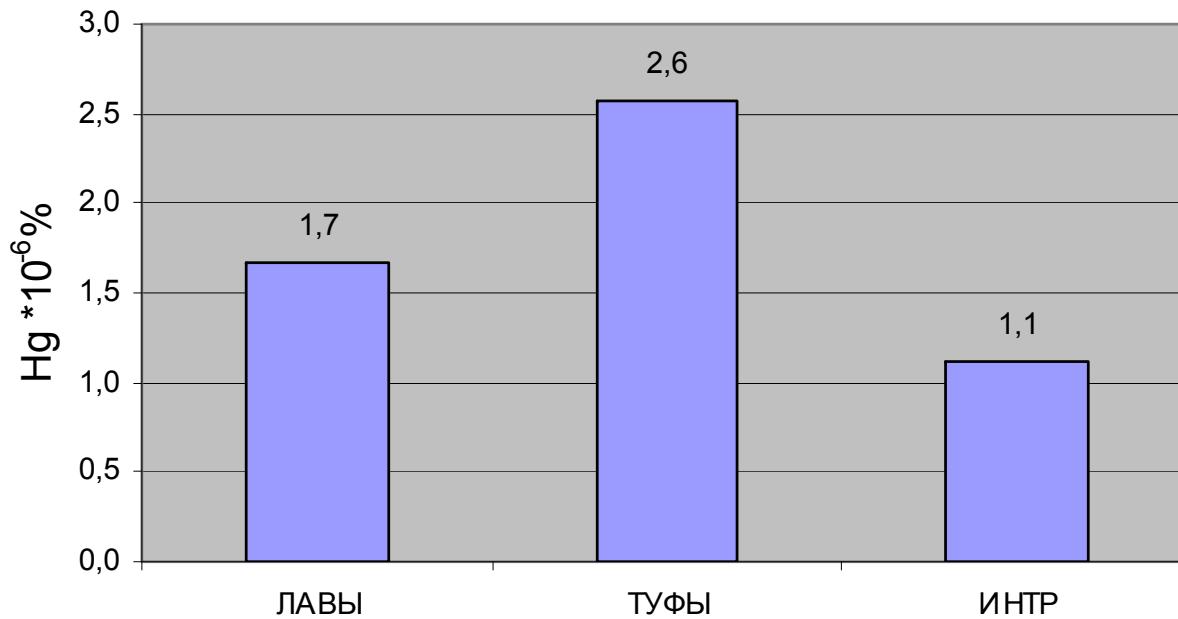
- не измененных горных породах,
- в гидротермально-метасоматических породах,
- гидротермальных глинах,
- почвенно-пирокластических отложениях,
- кремнистых и карбонатных отложениях,
- различных солевых отложениях,
- пирите образованном в гидротермальных глинах,
- кремнисто-сульфидных корках из устьев паровых струй.
- пароконденсатах из паровых струй термальных полей.
- водах (опробовались все типы вод : естественные и искусственные разгрузки термальных вод, грязе-водные котлы, метеорные и морские воды)
- поровых растворах из гидротермальных глин.

Поведение ртути в неизмененных породах

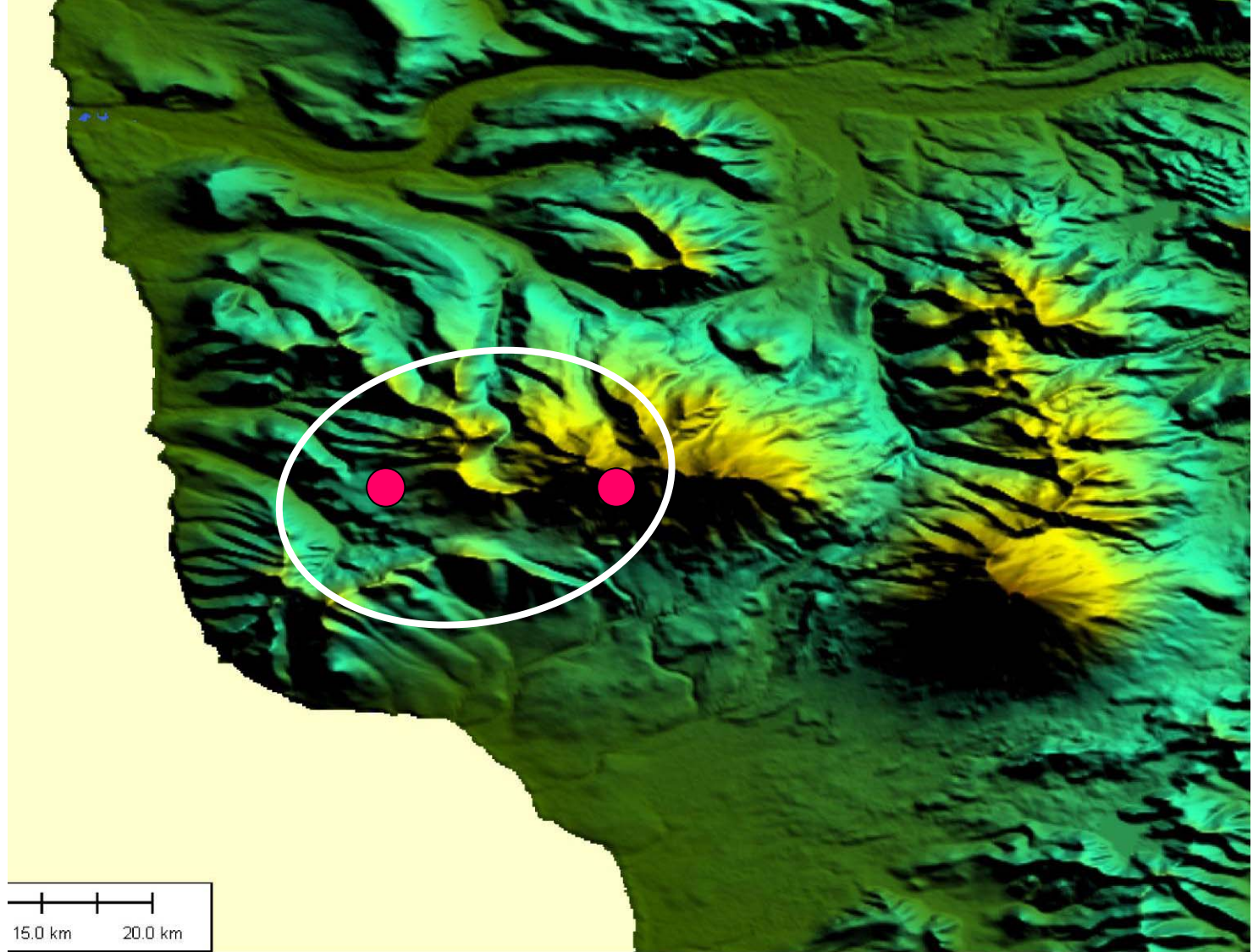
Кларк ртути в земной коре $4.5 \cdot 10^{-6}\%$

Средние значения Hg для Курило-Камчатского региона по данным разных авторов находятся в пределах $(1,2-3,8) \cdot 10^{-6}\%$

Поведение Hg в неизмененных породах

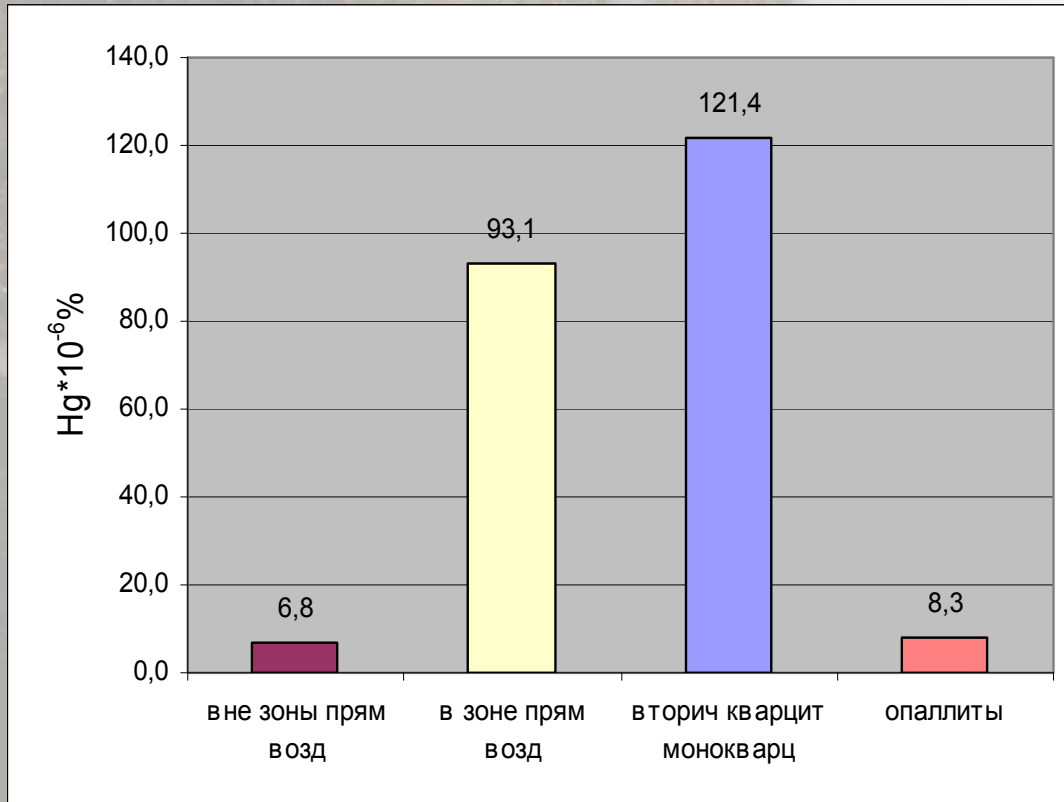


Полученные нами данные в целом совпадают с результатами приводимыми другими авторами



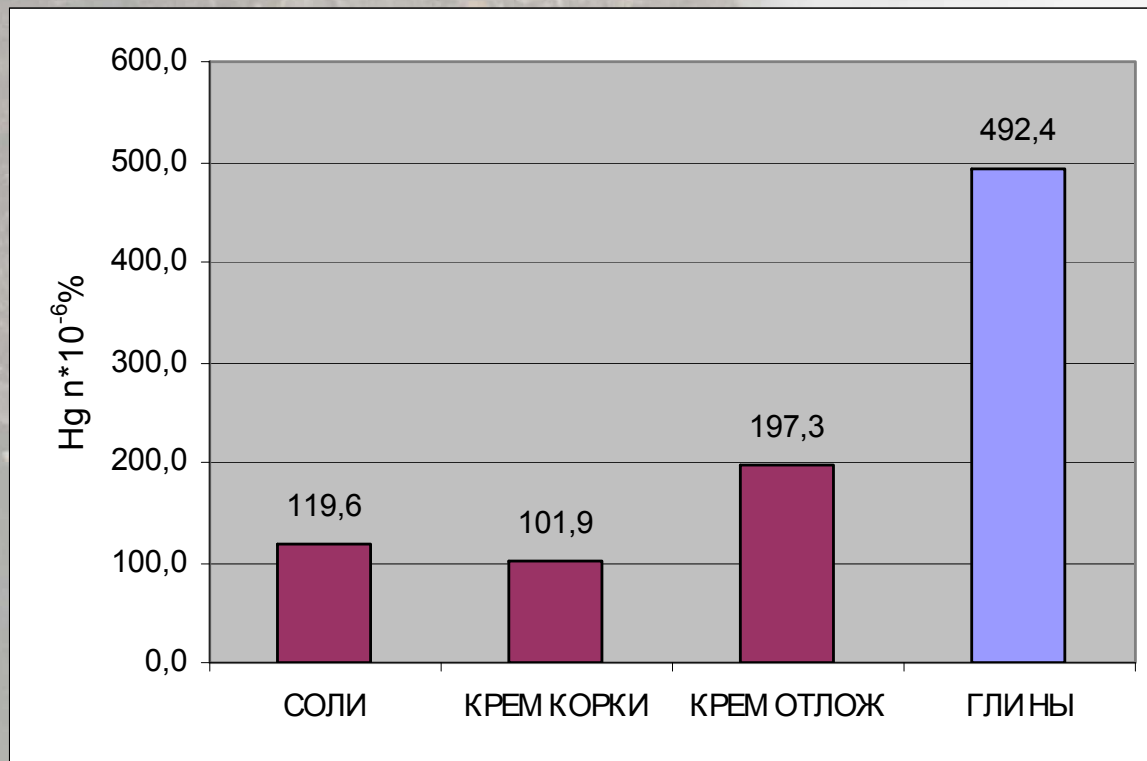
В результате мы делаем предварительный вывод, что вмещающие породы могут являться источником ртути в геотермальных месторождениях.

Содержания ртути в гидротермально-метасоматических породах (туфы и брекчии находящиеся вне зоны воздействия современных гидротерм, туфы в зоне воздействия современных гидротерм, вторичные кварциты и монокварциты и др.)



В целом гидротермально-измененные породы имеют повышенные содержания ртути на 1-2 порядка. При этом пропилитизированные и аргиллизированные разности находящиеся вне зоны воздействия современных гидротерм обогащены относительно фоновых значений незначительно. Во вторичных кварцитах и монокварцитах, наблюдается неравномерное распределение ртути (от близких к фоновым до превосходящих не 1-2 порядка). Устойчиво высокими значения отличаются кварц-адуляровые метасоматиты зоны переходы жидкость пар.

Содержание ртути в кремнистых отложениях и солях образованных на поверхности термальных полей.



Разные типы новообразований на термальных полях образующихся при разных термодинамических и физико-химических условиях содержат Hg на уровне $n \cdot 10^{-3}\%$

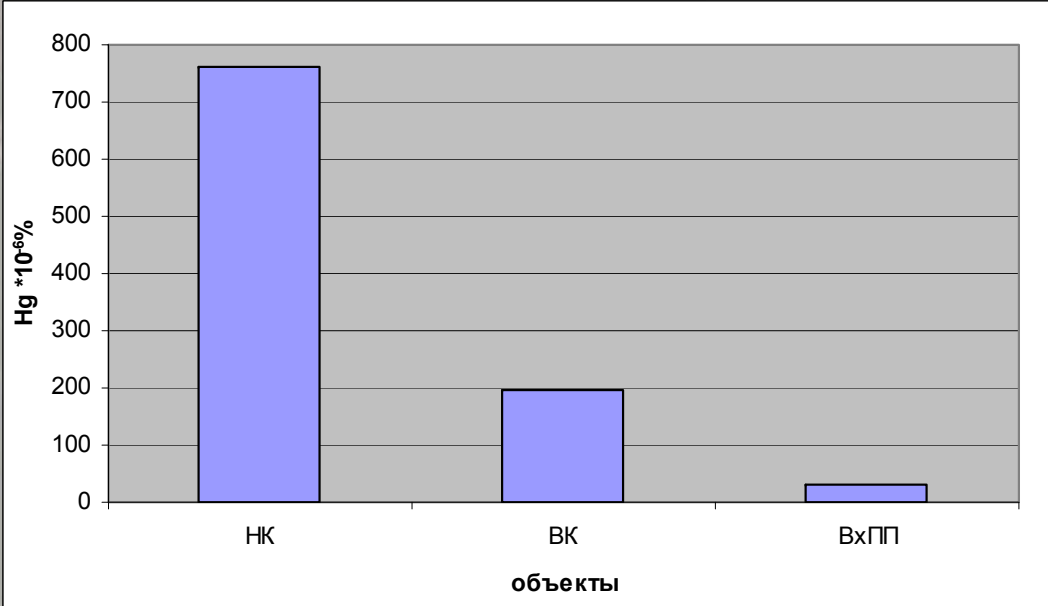
Можно говорить что современные геотермальные процессы являются мощным фактором поступления, накопления и перераспределения ртути

Поведение ртути в гидротермальных глинах

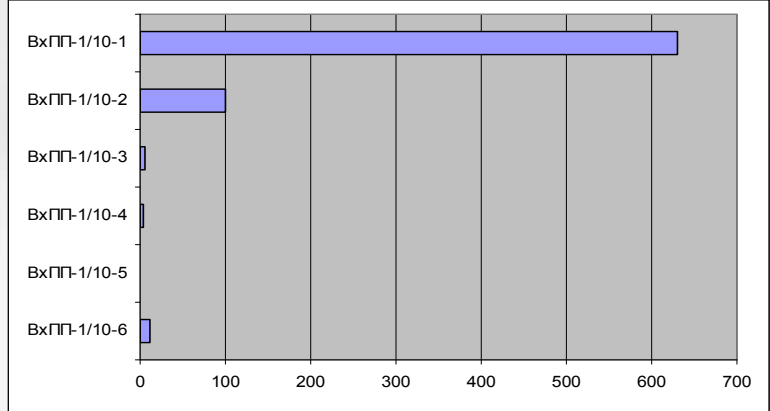


Поведение ртути в гидротермальных глинах

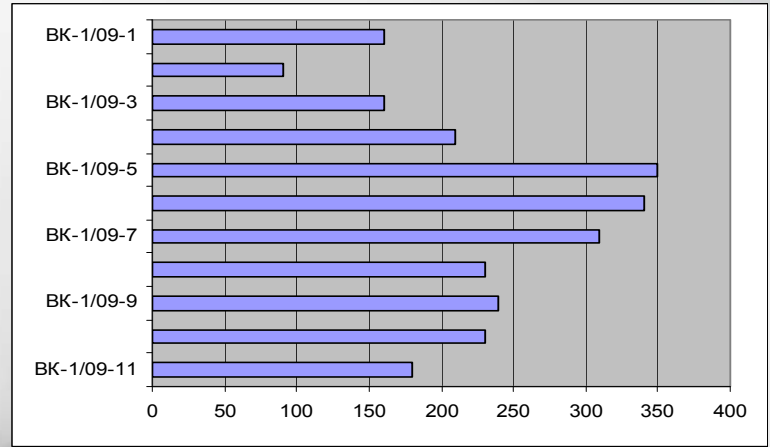
Если рассматривать средние значения, то видно, что содержания Hg в гидротермальных глинах Паужетско-Камбально-Кошелёвского района на два порядка превышают фоновые значения, а отдельные значения достигают $n \cdot 10^{-2}\%$



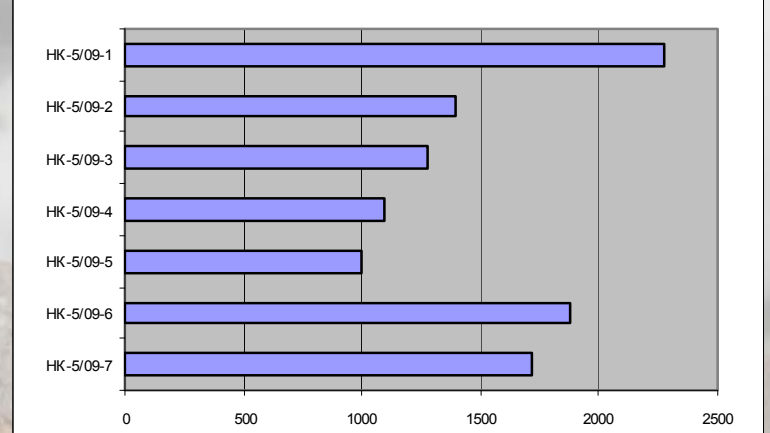
На прогрессивном этапе развития происходит привнос, активная миграция и накопление ртути в пределах гидротермальной системы и, в частности, в разрезе чехла гидротермальных глин, а на регрессивном – ее отгонка и уменьшение содержаний по всему разрезу.



Верхне-Паужетское термальное поле



Верхне-Кошелёвское термальное поле

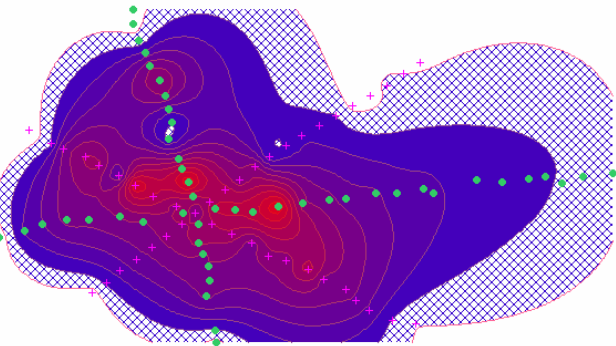


Нижне-Кошелёвское термальное поле

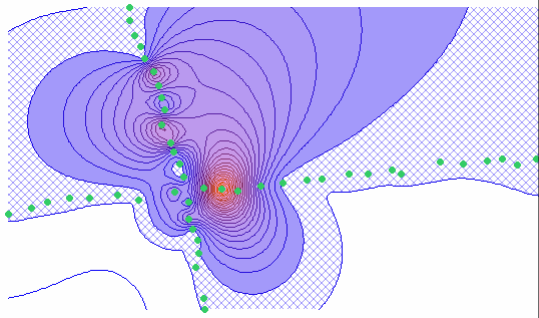
Нижне -Кошелевское Новое термальное поле



Содержание ртути в почвенно-пирокластических отложениях на примере Нижне-Кошелёвского Нового термального поля

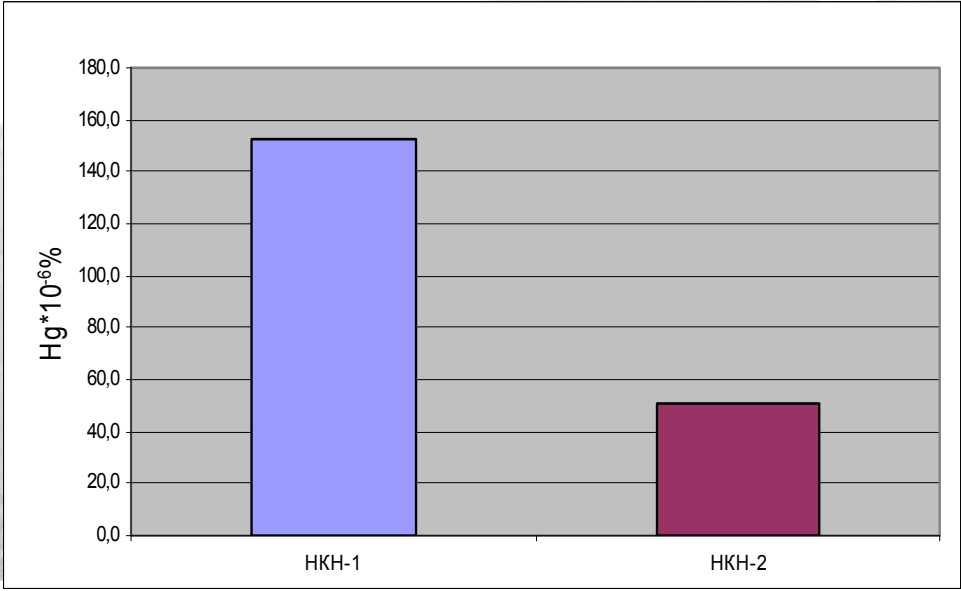
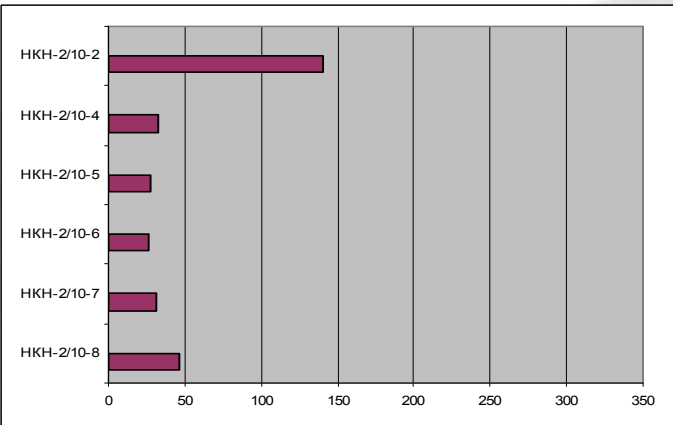
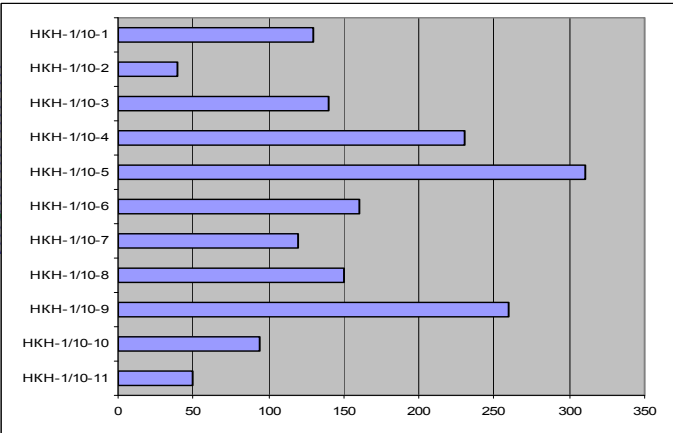


Распределение температур по площади поля Нового



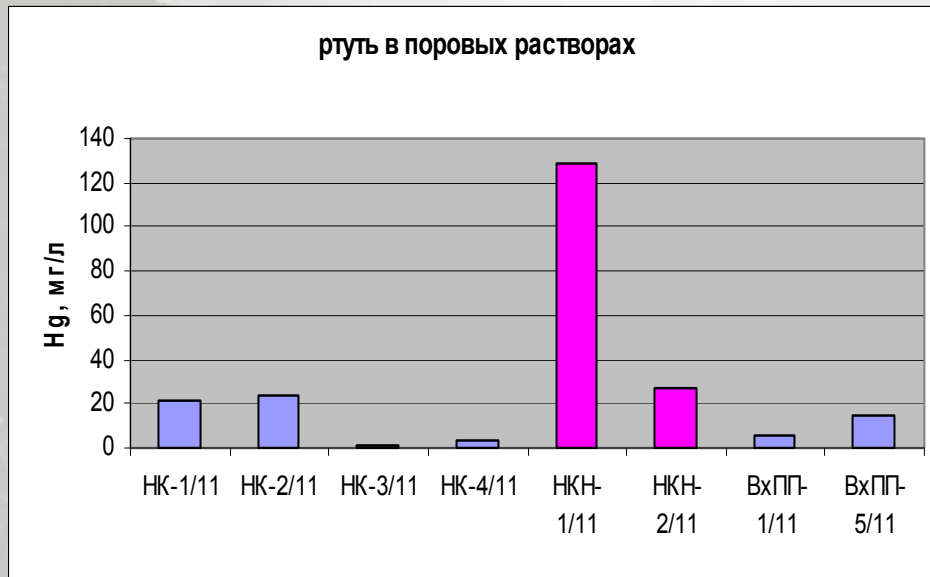
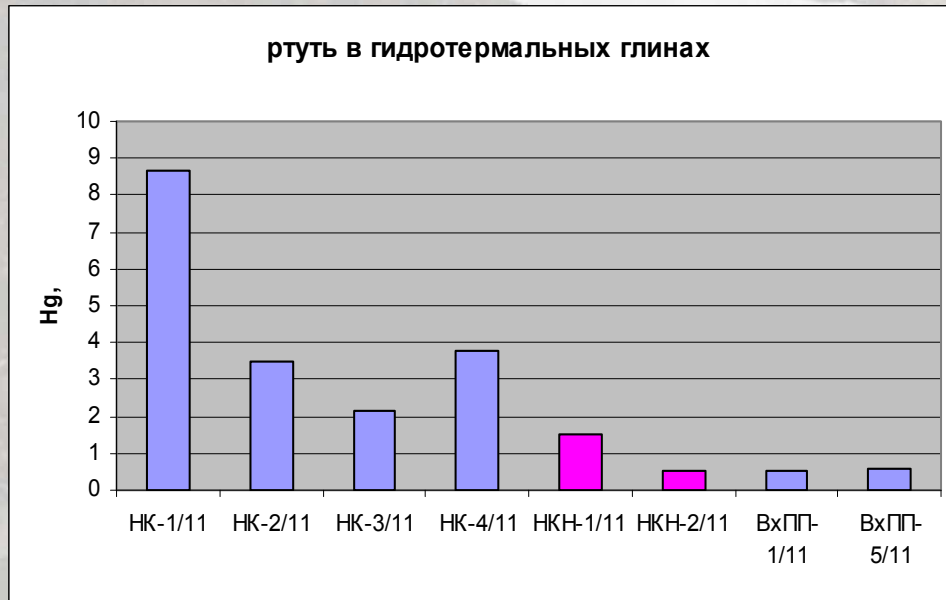
Распределение ртути по площади поля Нового

Аномалии ртути и температуры имеют общее происхождение и общий источник



Можно рассматривать аргилизацию как важный фактор в концентрации ртути в гидротермальном процессе

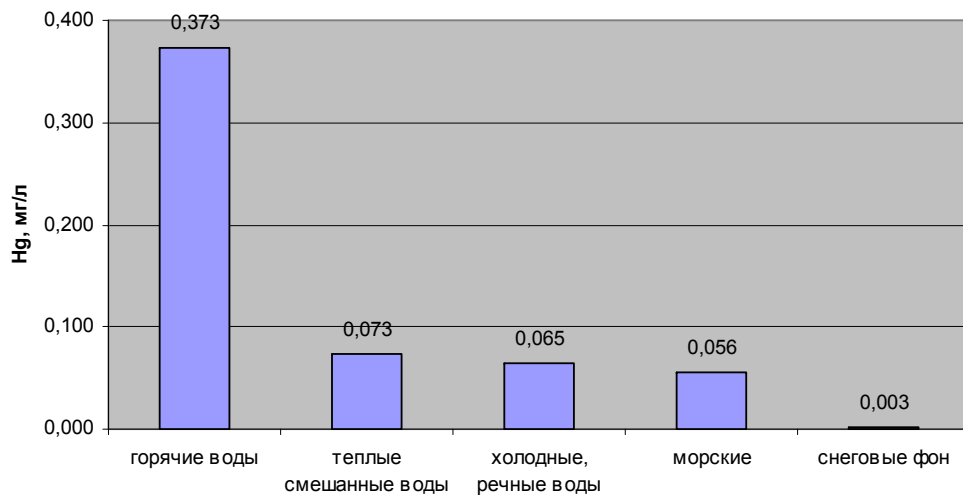
Содержание ртути в поровых растворах



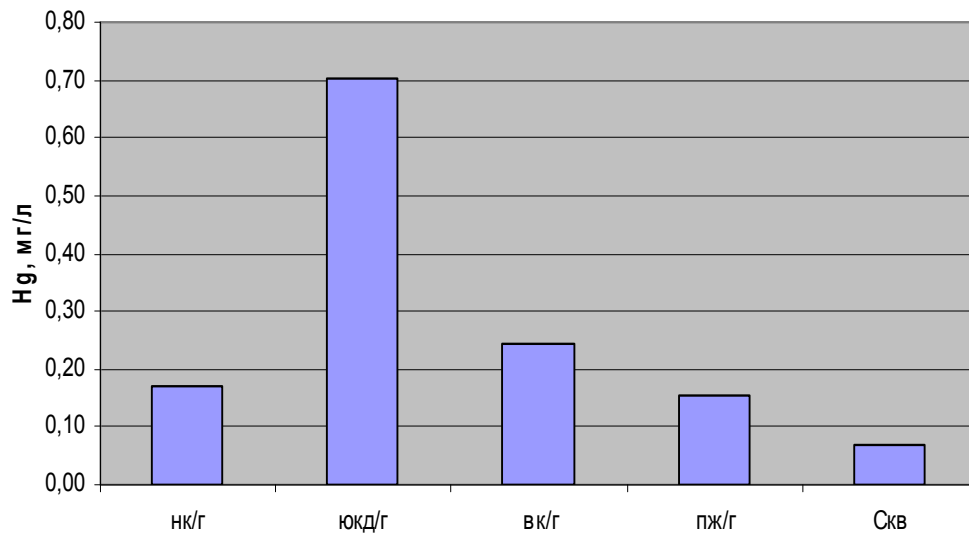
Сопоставляя концентрации ртути в гидротермальных глинах и поровых растворах тех же глин можно предположить, что аргиллизация как фактор старения гидротермальных глин создают условия для перехода растворенных соединений ртути в минеральные формы.

Содержание ртути в воде

Ртуть в разных типах природных вод



ртуть в термальных водах



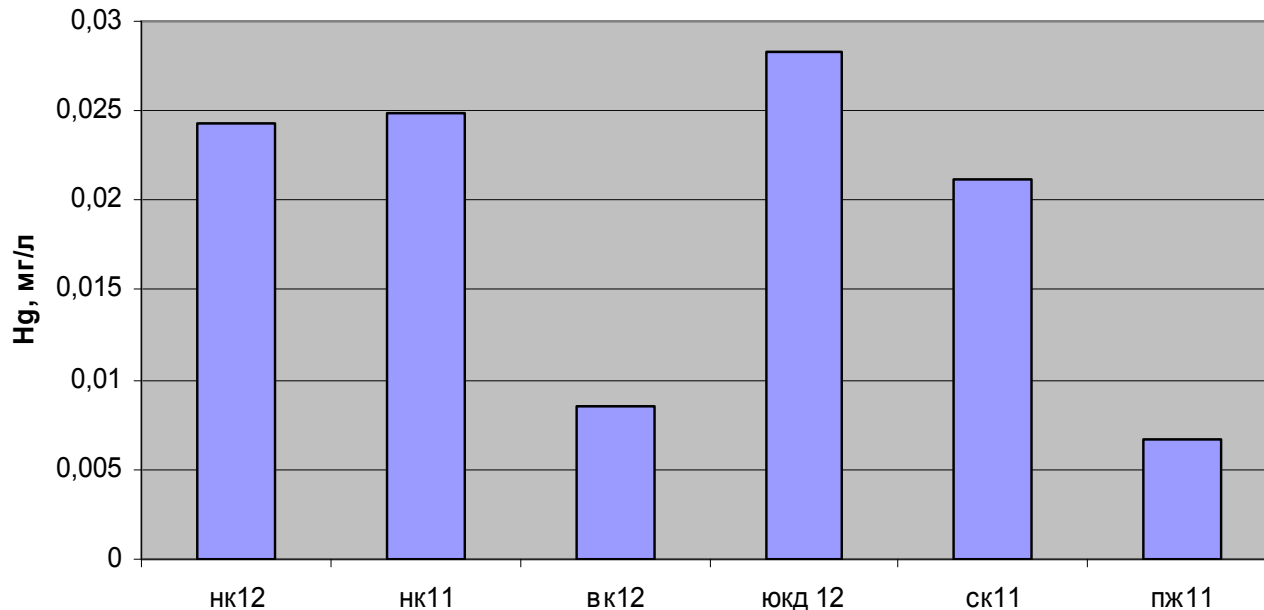
Содержание ртути в паро-газовой смеси



Содержание ртути в паро-газовой смеси

Полученные нами значения близки значениям других авторов
 $n \cdot 10^{-7}$ - $n \cdot 10^{-5}$ г/л
(Трухин, Степанов, Шувалов)

ртуть в паро-газовой смеси

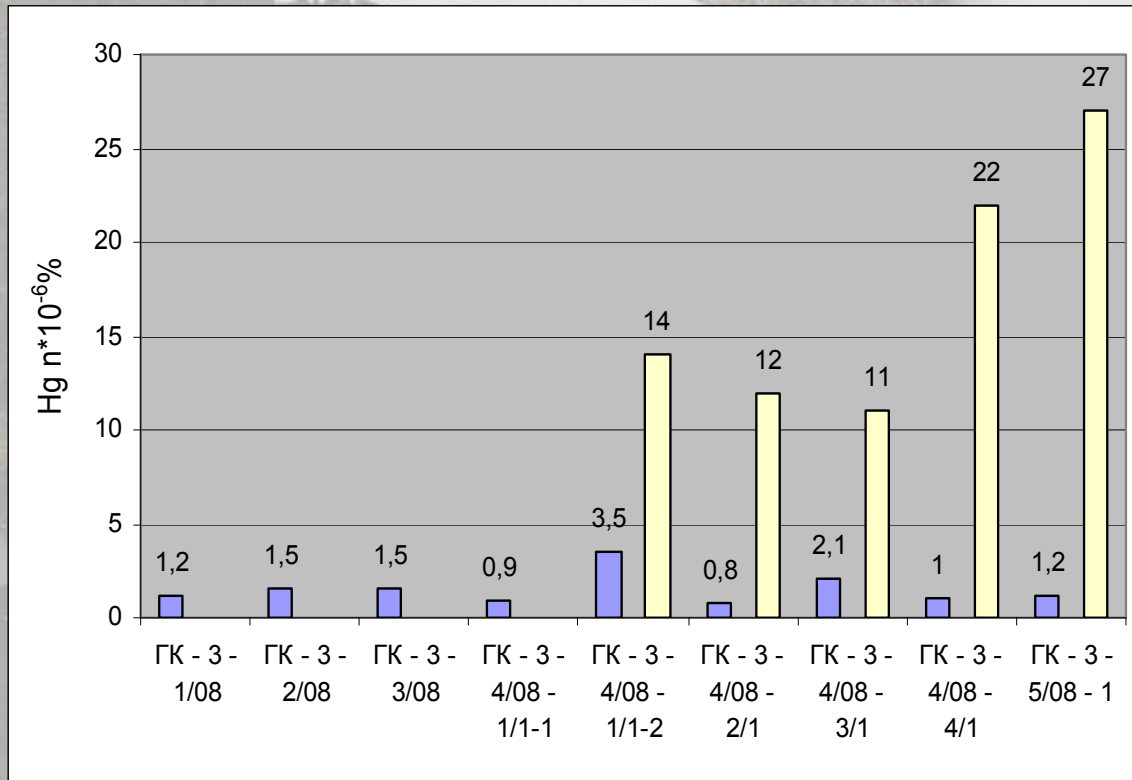


Гидротермальные системы, образование которых связывают с глубинным источником (Нижне-Кошелевская и системы Камбального хребта), отличаются стабильно высокими значениями Hg в **паровых струях**

Содержания ртути в искусственных кремнистых отложениях



Содержания ртути в искусственных кремнистых отложениях



На Паужетском месторождении при сбросе воды со скважин образуются «кремнистые плащи». Систематическое опробование данных новообразований показало, что ртуть в кремнистых отложениях соответствует фоновым значениям, но при этом повышенные значения Hg характерны для нижних слоев содержащих остатки органики.

Для Паужетского месторождения источником ртути на дневной поверхности являются термальные воды, поступающие из нижних водоносных горизонтов

Заключение:

1. Современные геотермальные процессы являются мощным фактором поступления, накопления и перераспределения ртути в условиях гидротермальной системы.
В частности, аргиллизация является одним из процессов, контролирующим поступление, перераспределение и концентрирование ртути.
2. Источниками ртути в гидротермальном процессе могут быть:
 - 1) горные породы, вмещающие гидротермальную систему, что, по-видимому, наиболее характерно для регрессивного этапа (остывания) систем;
 - 2) глубинный геотермальный флюид, что вероятнее всего типично для гидротермально-магматических систем прогрессивного этапа развития.
3. Агентами, транспортирующими ртуть, являются паро-газовая смесь и гидротермальные растворы:
Для Кошелевской газо-гидротермальной системы и Нижне-Кошелевского пародоминирующего геотермального месторождения ртуть, вероятнее всего, транспортируется паро-газовой смесью не только в зоне гипергенеза, но и на глубинных горизонтах. Наличие восходящего потока флюидов в виде уходящей на глубину до 2.5 км субвертикальной зоны подтверждают наши микросейсмические, гравиметрические и др. данные.
Для Паужетского геотермального месторождения вододоминирующего типа установлено, что ртуть (в небольших концентрациях) поступает из нижнего водоносного горизонта в составе высокотемпературных гидротерм. В то же время, Паужетская система, в целом, обеднена ртутью.
4. Распределение ртути в зоне гипергенеза гидротермальных систем может говорить об относительном возрасте конкретных геотермальных полей и термоаномалий, молодости или «старении» аргиллизированных пород.

Спасибо за внимание

