Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVIII, вып. 2, 1965 г.

ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ СЕВЕРО-ЗАПАДА СССР

В. И. Гуревич

Закономерности распределения температуры пород и вод северной части Русской платформы и Балтийского щита изучены очень слабо. Однако уже первые сводки и схемы, охватывающие впрочем, лишь южную половину рассматриваемой территории, показали присутствие термальных вод в наиболее погруженных частях осадочного чехла [3].

Изучение гидротермической зональности необходимо при поисках гидротермальных ресурсов, для оценки перспектив распространения и комплексного использования минеральных вод в промышленности, при водолечении и т. д.

Классификация природных вод по температурному признаку, наряду с характерными физическими константами воды, должна отражать требования бальнеологии и теплоэнергетики.

При обобщении региональных материалов подземные воды подразделены автором по температуре на несколько групп (см. таблицу). Эта классификация использована при составлении гидротермической карты Северо-Запада СССР (см. рисунок). Выделенные на этой карте гидротермические пояса Северо-Запада отражены также на «Гидрохимической карте минеральных вод СССР», составленной в 1964 г. коллективом авторов под редакцией профессоров И. К. Зайцева и Н. И. Толстихина.

Классификация природных вод по температуре

Наименование и индекс гидротермической зоны	Индекс гидротермической зоны	Температура		Характеристика температурных границ
		°С	°К	
Мерзлая *M*	*M* — лед	Менее —18—0	Менее 255—273	—17,8° С — температура плавления эвтектики лед — соль (0° С)
Холодная *X*	X_0 — сверххолодные и переохлажденные воды	—18—0	255—273	0° С — температура плавления чистого льда при 1 *атм*
	X_4 — очень холодные воды	0—4	273—277	3,98° С — температура максимальной плотности чистой воды при 1 *атм*
	X_{20} — холодные воды	4—20	277—293	Вода с температурой ниже 20° С наощупь воспринимается как холодная. Температура 20° С принимается в качестве нормальной
Теплая *T*	T_{35} — тепловатые воды	20—35	293—308	35° С — нижняя летальная температура человеческого тела. Воду с температурой выше 35° С можно применять в парниковом хозяйстве
	T_{42} — теплые воды	35—42	308—315	42° С — верхняя летальная температура человеческого тела

Наименование и индекс гидротермической зоны	Индекс гидротермической зоны	Температура		Характеристика температурных границ
		°С	°К	
Горячая Г	$Г_{50}$ — слабо горячие воды	42—50	315—323	Вода с температурой выше 50° С оставляет ожоги на человеческой коже
	$Г_{70}$ — умеренно горячие воды	50—70	323—343	70° С — денатурация большинства видов белка. Воды от 70 до 100° С являются среднепотенциальными для теплотехнического использования, ниже 70° С — низкопотенциальными
	$Г_{100}$ — очень горячие воды	70—100	343—373	100° С — точка кипения чистой воды при 1 *атм*. Воды с температурой выше 100° С являются высокопотенциальными для теплотехнического использования
Перегретых вод и паров *П*	$П_{374}$ — перегретые воды	100—374	373—647	374,2° С — критическая температура чистой воды
	$П_{425}$ — надкритические воды и пары	374—425	647—698	425° С — критическая температура перегретых рассолов
	$П_{>425}$ — сверхкритические пары	Более 425	Более 698	—

Примечание. Классификация составлена с использованием существующих классификаций Ф. А. Макаренко [4], И. К. Зайцева [1] и некоторых других исследователей.

Согласно гипотетическим представлениям, абсолютной нижней границей распространения воды в жидкой фазе является поверхность Мохоровичича. Если это так, то Мохо является и естественным нижним гидротермическим рубежом.

В качестве верхней стабильной (хотя и несколько условной) гидротермической границы для подземных вод можно принять поверхность нейтрального слоя.

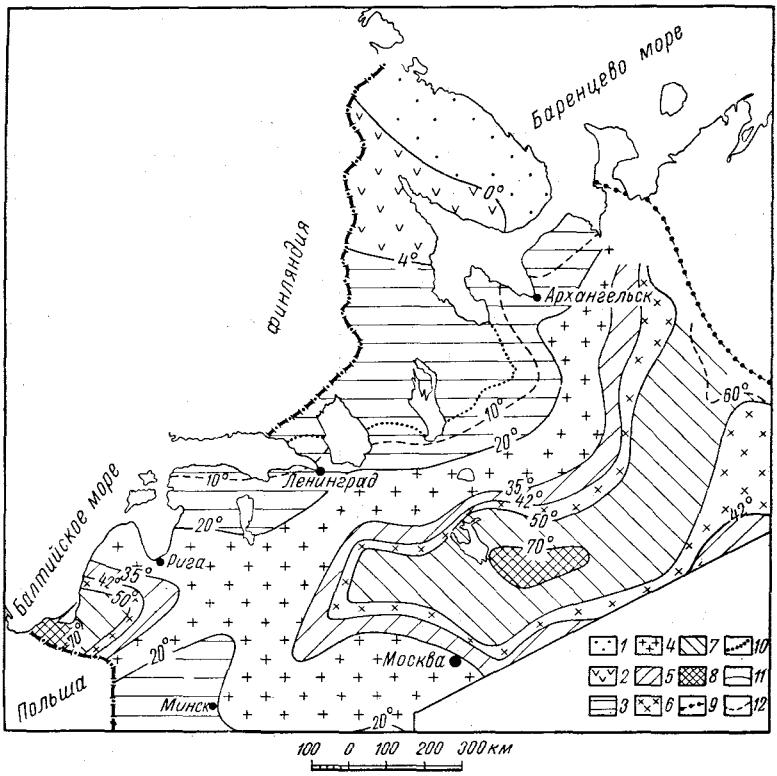
В настоящее время гидротермическая зональность является объектом изучения в пределах осадочного и частично складчатого метаморфического чехла, а в отдельных районах — также в пределах верхней части кристаллического фундамента. Описание распределения температур в разрезе артезианских бассейнов в гидрогеологических складчатых областях удобно производить выделением гидротермических зон *. Например, ту часть разреза, в которой присутствуют лишь холодные воды, можно рассматривать как холодную гидротермическую зону (зона *X*). Поскольку холодные воды делятся на три подгруппы (см. таблицу), то область распространения вод каждой из этих подгрупп следует считать гидротермической *подзоной*: X_0, X_4 и X_{20}.

Подобно тому, как гидрохимические зоны составляют гидрохимический пояс [2], так и гидротермические зоны по вертикальной температурной зональности составляют гидротермический пояс. Например, та часть артезианского бассейна или гидрогеологической складчатой обла-

* Примерно в этом значении употребляются обычно термины «*геотермозона*» и «*гидротермальная зона*». Первый из них скомпонован скорее на основе немецкой, нежели русской грамматики и крайне неблагозвучен. Второй термин также нельзя признать удачным, поскольку большинством геологов он понимается как зона развития гидротермальных процессов минералообразования.

Термин «*гидротермическая зона*» предложен коллективом гидрогеологов ВСЕГЕИ при составлении «Гидрохимической карты минеральных вод СССР».

сти, в разрезе которой вплоть до поверхности фундамента присутствуют лишь холодные воды, является однозональным гидротермическим поясом X. В пределах рассматриваемой части Русской платформы, помимо пояса X, развиты (как увидим ниже) двухзональный пояс XT и трехзональный $XTГ$. В тропических и экваториальных районах, имеющих высокую температуру нейтрального слоя, могут присутствовать пояса, где нет зоны холодных вод.



Схематическая гидротермическая карта Северо-Запада СССР (составил В. И. Гуревич, 1963 г.).

1 — мерзлая зона M и подзона X_0 сверххолодных вод, ниже 0°; *2* — подзона X_4 очень холодных вод, от 0 до 4° С; *3* — однозональный гидротермический пояс X_{20} холодных вод, менее 20° С; *4* — гидротермический *субпояс* XT_{35} холодных и тепловатых вод, менее 35° С; *5* — гидротермический субпояс XT_{42} холодных и теплых вод, менее 42° С; *6* — гидротермический субпояс $XTГ_{50}$ холодных, теплых и слабо горячих вод, менее 50° С; *7* — гидротермический субпояс $XTГ_{70}$ холодных, теплых и горячих вод, менее 70° С; *8* — гидротермический субпояс $XTГ_{70}$ холодных, теплых и очень горячих вод, более 70° С; *9* — граница Притиманского прогиба; *10* — граница Балтийского кристаллического щита; *11* — основные изотермы по поверхности кристаллического фундамента, °С; *12* — дополнительные изотермы по поверхности кристаллического фундамента, °С.

При рассмотрении зональности в плане каждый гидротермический пояс удобно подразделять на субпояса в зависимости от гидротермических подзон, составляющих нижнюю зону. Например, пояс $XTГ$ может состоять из трех субпоясов: $XTГ_{50}$, $XTГ_{70}$ и $XTГ_{100}$.

В пределах Балтийского гидрогеологического массива гидротермическая зональность на значительных глубинах не изучалась. Можно указать лишь ориентировочно границы между верхними подзонами (см. рисунок).

Мерзлая зона M и подзона X_0 сверххолодных вод распространена в северной части Кольского полуострова. Ее нижняя граница (изотерма 0° С) с некоторой долей условности проведена по линии распространения

многолетней мерзлоты. Мощность подзоны сверххолодных вод предположительно невелика.

К югу от изотермы 0° С (юг Кольского полуострова и северная Карелия) расположена подзона X очень холодных вод. Ее южная граница проведена ориентировочно на основании данных о среднегодовой температуре воздуха. Мощность подзоны X_4 также невелика (единицы и десятки метров). Ниже залегают холодные воды подзоны X_{20}, распространенные близ поверхности в южной части Балтийского щита и по его склонам. Фактически температура воды близ нейтрального слоя колеблется от 4 до 7° С. Изотермическая поверхность 7° С пересекает фундамент в непосредственной близости от границы обнаженных кристаллических пород Балтийского щита, в пределах развития осадочных отложений Русской платформы.

По мере погружения фундамента при удалении от Балтийского щита и Литовско-Белорусского массива температура у подошвы осадочного чехла заметно возрастает: Сестрорецк +9° С (на глубине 165 *м*), Ленинград +11,8° С (201 *м*), Колтуши +13,5° С (276 *м*), Сиверская +19° С (477 *м*), Померанье +23,5° С (531 *м*), Старая Русса +30° С(920 *м*), Валдай + 60° С (1458 *м*) и т. д.

На большей части северной половины Русской платформы пояс холодных вод состоит из одной подзоны X_{20}. Севернее 66° с. ш., в районе Койды-Неси близ Мезенской губы, развиты многолетнемерзлотные породы, и пояс X в этих условиях состоит из трех подзон: X_0, X_4 и X_{20}. Нижняя граница субпояса X_{20} в пределах Прибалтийского и Московского артезианских бассейнов проходит вблизи изогипсы фундамента 500 *м*, т. е. близ мыса Колкасрагс, севернее Валги, Пскова, через Лугу и Волхов на Коношу.

В Северо-Двинском бассейне, с продвижением на северо-восток к району развития многолетнемерзлых пород, изотерма 20° С все дальше отходит от изогипсы 500 *м*, располагаясь на глубине 1 *км* и более. В Архангельске с глубины 373 *м* была получена вода с температурой 10° С, в Усть-Пинеге +12° С из интервала 803—826 *м*. В Литовско-Белорусском поднятии граница субпояса X_{20} проходит несколько восточнее изогипсы 500 *м* (Гродно — Вильнюс — Глубокое — Борисов). В этом можно усматривать отепляющее влияние Прибалтийской впадины.

Двухзональный пояс XT охватывают около половины рассматриваемой территории, располагаясь на склонах Московской синеклизы, Прибалтийской впадины и в пределах Латвийской седловины. Подзона тепловатых вод начинается, как правило, с глубин 500—600 *м*, а на северо-востоке территории — порядка 1000 *м*. Примерно так же погружается и нижняя граница подзоны — изотермическая поверхность 35° С. В Прибалтийском артезианском бассейне она расположена на глубине 1000—1100 *м*; в Московском — на глубине 1200—1500 *м*; в Северо-Двинском — предположительно 1500—2000 *м*.

Субпояса XT_{42} и XTT_{50} сравнительно узкими полосами протягиваются параллельно субпоясу XT_{35}, окаймляя наиболее погруженные части Московской синеклизы, Прибалтийской впадины и Притиманского прогиба. Глубина залегания вод с температурой выше 35° С, как правило, несколько меньше, чем в пределах субпояса XT_{35}. Впрочем, и другие изотермические поверхности в какой-то мере «зеркально» отражают рельеф кристаллического фундамента.

Поверхность зоны горячих вод (более 50° С) в Прибалтийской впадине и Валдайской впадине Московской синеклизы расположена на глубине около 1700—1800 *м* и менее. К северо-востоку она погружается до отметок около 2000 *м*.

В центральных частях наиболее значительных отрицательных тектонических структур находятся многозональные субпояса XTT_{70} и $XTT_{>70}$.

Последний из них выделен предположительно на основании экстраполяции с несколько завышенной, заведомо неблагоприятной величиной геотермической ступени.

Подзона развития горячих среднепотенциальных * вод захватывает около четверти рассматриваемой территории. Поверхность очень горячих вод в Прибалтийской впадине и Московской синеклизе находится на глубине 2400—2800 *м*; в Сафоновской и других северных впадинах Притиманского прогиба, вероятно, — несколько глубже.

На севере Русской платформы наименьшая температура подземных вод отмечена на кристаллических массивах и поднятиях, а наибольшие приурочены к впадинам. Ведущим фактором, определяющим температуру, является глубина залегания водоносного горизонта и фундамента. Локальные повышения температуры, которые могли бы с полной определенностью рассматриваться как положительные гидротермические аномалии, в настоящее время не установлены за исключением района Локновского поднятия (30° С на глубине 530 *м*) и Порхова (30° С на глубине 775 *м*). В целом на севере Русской платформы термальные воды развиты широко. В основном это теплые и горячие воды с температурой от 35 до 70° С. Очень горячие воды (более 70° С) находятся лишь в наиболее глубоких впадинах Московской, Прибалтийской синеклиз и, возможно, Притиманского прогиба. Перегретые воды в настоящее время не выявлены, хотя их наличие полностью не исключается.

Целесообразность использования термальных вод в народном хозяйстве определяется прежде всего температурой вод, особенностями их химического состава (в частности, коррозионными свойствами), глубиной и водообильностью эксплуатационных скважин, возможностью комплексного освоения воды в химической промышленности или для водолечения и т. д. С точки зрения теплотехнического использования термальные воды в зависимости от температуры делятся на высоко- (свыше 100° С), средне- (70—100° С) и низкопотенциальные (35—70° С) [5].

Существующие схемы теплоснабжения разработаны для пресных и слабо минерализованных термальных вод. Поэтому горячие термальные рассолы Северо-Запада СССР в настоящее время представляют собой лишь потенциальный источник энергоресурсов. Все это, наряду со слабой изученностью фильтрационных свойств глубоко залегающих водоносных горизонтов, нерешенностью проблемы сброса или комплексного использования рассолов, свидетельствует о преждевременности каких-либо рекомендаций к практическому использованию термальных рассолов севера Русской платформы для энергетики и теплофикации в промышленности и сельском хозяйстве. Реально лишь использование теплых и горячих рассолов при водолечении на существующих или возможных бальнеологических курортах (например, в районах Валдая и Вологды, где установлены воды с температурой около 60° С; близ г. Гусева в Калининградской области, где скважина вскрыла воды с температурой 46,5° С на устье и т. д.).

Дальнейшее изучение гидротермической зональности и термальных вод территории в ближайшие годы должно явиться важной составной частью гидрогеологических работ при опорном и глубоком поисковом бурении на нефть в Московской синеклизе, Прибалтийской впадине и Притиманском прогибе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев И. К. Некоторые вопросы терминологии и классификации подземных вод. Мат. по региональной и поисковой гидрогеологии, ВСЕГЕИ, нов. сер., вып. 46, 1961.

* По терминологии Б. М. Выморкова [5, стр. 238].

2. Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. Госгеолтехиздат, 1959.
3. Покровский В. А. Температурная характеристика подземных вод Русской платформы и ее обрамления. Кн. «Проблемы гидрогеологии», Госгеолтехиздат, 1960.
4. Проблемы геотермии и практического использования тепла Земли. Том II, Изд-во АН СССР, 1961.
5. Термальные воды СССР и вопросы их теплоэнергетического использования. Изд-во АН СССР, 1963.