

ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ КУРАЙСКОЙ И ЧУЙСКОЙ МЕЖГОРНЫХ ВПАДИН (АЛТАЙ)

А.М. Малолетко

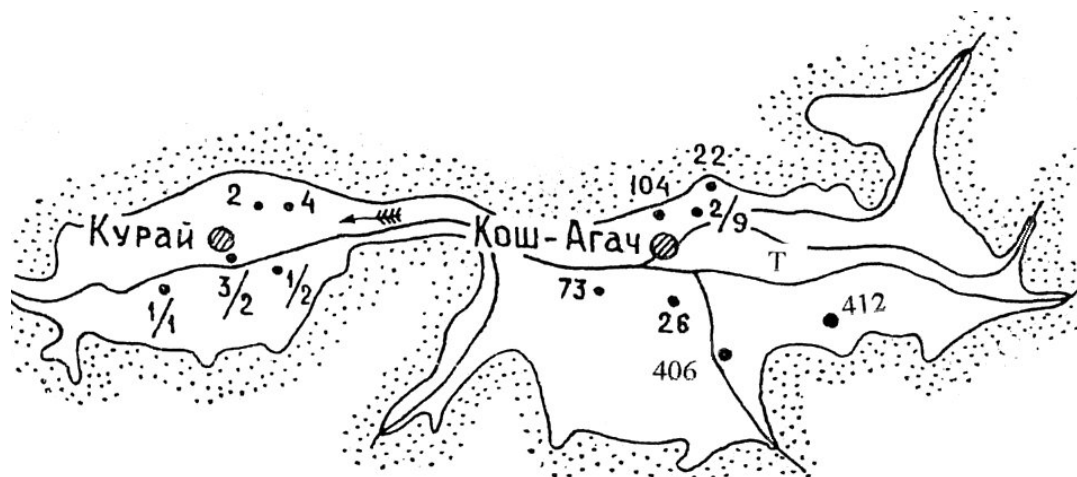
Томский государственный университет, г. Томск

Высокое гипсометрическое положение (1800 и 1600 м н.у.м.) и надёжная орографическая изоляция Курайской и Чуйской межгорных впадин обусловили формирование здесь сурового и сухого климата: среднегодовая температура в Кош-Агаче составляет -6°C при средней температуре самого тёплого месяца (июль) $13,8^{\circ}\text{C}$. Количество годовых осадков составляет 110–120 мм при максимальной высоте 10–20 см. С другой стороны, обилие молодых тектогнических трещины как по периферии котловин, так и под рыхлыми отложениями, выполняющими впадины, обеспечивают подток тепла из глубоких горизонтов земной коры. Впадины на геотермическом поле Алтая выступают как тёплые острова.

Имеющиеся прямые измерения температуры грунтов и подземных вод позволяют дать полную картину геотермики впадин.

Измерения проводились в буровых скважинах, как безводных, так и с водой, в том числе и при самоизливе. Термокартаж осуществлялся скважинным электротермометром типа ЭС-СБ. Запись диаграмм производилась автоматической аппаратурой типа АЭПС при скорости спуска термометра 200 м/ч. Температурная привязка диаграмм осуществлялась в устье скважины ртутным термометром.

Скважины расположены как в центральной части впадин, так и по их периферии (рис. 1).



1. Схема размещения буровых скважин.

Т – пос. Тебелер

Температура сухих пород. Скважины 4, 2/9 и 104 вскрыли безводные валунные и галечниковые отложения на суглинистом цементе глубиной 24 м.

В Курайской впадине по скважине №4 27 октября был произведен термокартаж на всю глубину (24 м). Температура на забое изменялась с $4,7$ до 5°C . По скважине 104, пробуренной на северной окраине Чуйской впадине, температура на устье составила 2°C , а на глубине 10–48 м понизилась до $1,6^{\circ}\text{C}$. Однако по скважине 2/9, которая вскрыла на глубине 3 м мёрзлые породы, при каротаже 21 августа были отмечены положительные температуры: $1,2^{\circ}\text{C}$ на забое (12 м), 2°C на глубине 3 м и 5°C на глубине 1,5 м.

Практически во всех скважинах измерялась температура воздуха, и трудно судить, насколько она соответствует температуре грунтов. Несомненно, высокая теплопроводность металлических обсадных труб искажает термическую картину, особенно, если трубы выступают над землей.

Температура обводнённых пород. Во многом она зависит от режима подземных вод.

Скважина 3/2 вскрыла подрусловые воды р. Чуя у пос. Курай. Скважина (общая глубина 42 м) с глубины 26 м вскрыла мёрзлые породы. Каротаж до глубины 26 м показал постепенное понижение температуры с $5,5^{\circ}\text{C}$ на устье до $1,5^{\circ}\text{C}$ на глубине 26 м (ниже вода замёрзла). Более полная картина была выявлена при каротаже скв. 22, пробуренной на бугре северной окраины Чуйской впадины. Каротажная диаграмма в ней до глубины 20–30 м повторяет ситуацию скв. 3/2 (понижение температуры с глубиной). Воздух в скважине на устье имел температуру $1,5^{\circ}\text{C}$, на глубине 10–20 м температура понизилась на несколько десятых долей градуса, но затем температура пород стала

Рис. 2. Термограммы по скважинам.

Отложения: 1 – валунно-галечные, 2 – гравийно-галечные, 3. – гравийно-песчаные, 4 – галечники с гравием и суглинком, 5 – песчаные, 6 – суглинистые, 7 – глинистые, 8 – статический уровень подземных вод.

повышаться, достигнув максимума (около 10 °С) на забое скважины (170 м). Повышение температуры с глубиной объясняется «подогревом» подземных вод глубинным теплом (рис. 2).

Охлаждающее влияние многолетнемерзлых пород не столь велико в случае высокой производительности водоносных горизонтов. Так, пробуренная в 2 км к югу от аэропорта в Кош-Агаче скважина 26 дала мощный самоизлив вод с запахом сероводорода. Термокаротаж 26 октября на всю глубину скважины (207 м) показал удивительно постоянную температуру – 10,8 °С, хотя вода проходила через горизонт многолетнемерзлых пород. Иная картина наблюдалась в скважине 73, пробуренной в 10 км западнее и также вскрывшей горизонт многолетнемерзлых пород. При слабом самоизливе температура постепенно уменьшалась с 6,1 °С на забое (170 м), до 5,2 °С на устье. Некоторое понижение температуры воды на устье объясняется охлаждающим воздействием многолетнемерзлых пород на подземные воды.

Вопреки ограниченному числу скважин, можно сделать некоторые заключения об особенностях геотермического поля межгорных впадин Алтая как в плане, так и в вертикальном рассмотрении.

В плане более тёплыми являются периферийные части впадин, особенно северные и южные. Более холодными являются осевые части котловин, особенно их западные фланги. В Кош-Агаче в мае 1964 г. вскрыты мерзлые породы на глубине 1,5–48 м (скважина 462)¹. Следовательно, здесь многолетняя мерзлота соединяется в зимнее время с сезонной. В пос. Тебелер (в 15 км юго-восточнее Кош-Агача) в сентябре–октябре 1963 г. скважиной 427 был вскрыт следующий разрез:

0–16 м. Гравийно-галечные отложения.

16–116,3 м. Песок серый гравелистый, с редкими прослоями серой глины мощностью 0,5–1 м. В интервале 16–43 м – мерзлый.

116,3–119,5 м. Глина тёмно-серая.

119,5–125 м. Песок серый глинистый.

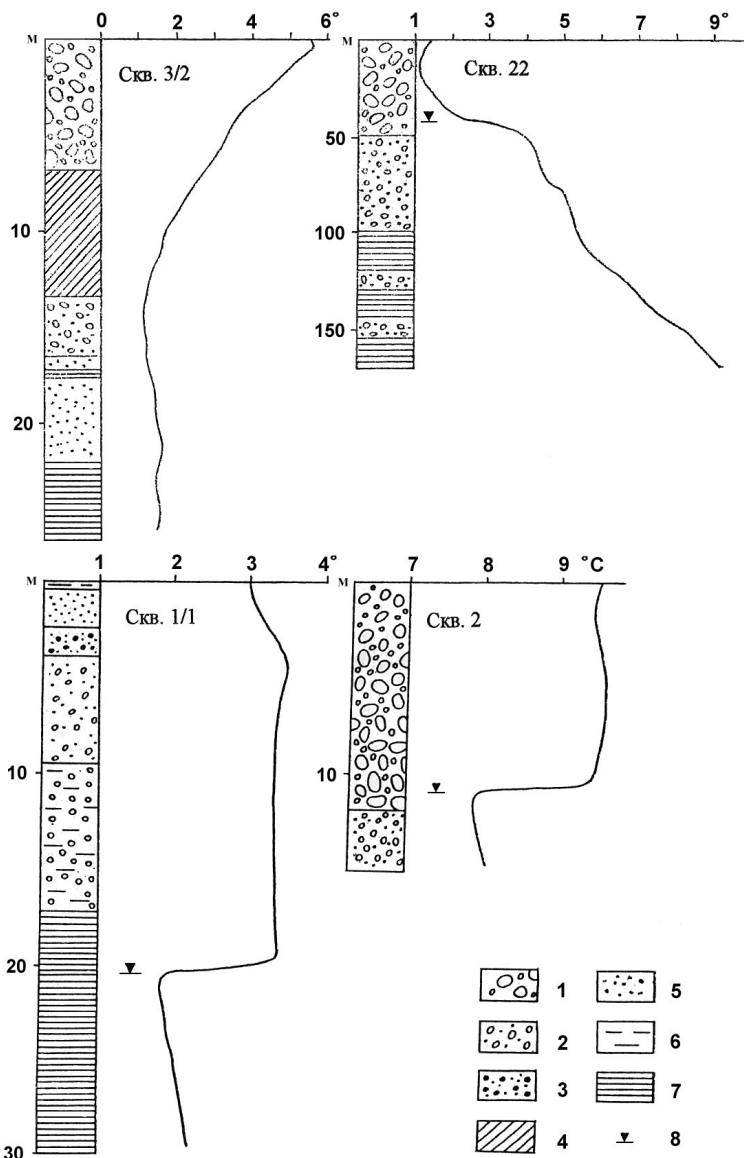
125–171,9 м. Глина сера, тёмно-серая.

171,9–196 м. Песок серый разнозернистый, гравелистый с прослоями глин.

Скважина 518, пробуренная в октябре в 1,5 км от скважины 427, вскрыла многолетнемерзлые породы примерно на той же глубине – 10–45,5 м.

Следовательно, восточнее Кош-Агача «вечная» мерзлота отделена от сезонной талым грунтом.

Буровые работы в Сайлогемской степи (юго-восточнее Тебелера) (скважина 412, глубина 235 м), и в урочище Чаган-Бургазы (скважина 406, глубина 150,6 м), показали, что по восточной периферии Чуйской степи многолетнемерзлые породы отсутствуют. Лишь в пади Согонолу (11 км к ЮВ от пос. Кокоря) в конце августа скважиной был вскрыт небольшой остров мерзлых пород в интервале 0–4 м (песок с обломками сланцев). Ниже (4–11 м) на глинистых сланцах лежал щебнистый материал из обломков сланцев и кварца. Мерзлота, очевидно, имеет современный возраст.



¹ В 1966 г. нижняя граница многолетнемерзлых пород здесь была выявлена на глубине 57 м.

В вертикальном разрезе геотермическое поле межгорных впадин имеет ярусное строение. Сверху вниз выделяются ярусы: 1) годового колебания температур, 2) надмерзлотный вне сферы влияния годового хода температур, 3) реликтовых многолетнемерзлых пород, 4) подмерзлотный, термический режим которого зависит от теплового воздействия недр Земли.

1. Ярус поверхностных горных пород, на котором отражаются сезонные колебания температур, имеет мощность 8–12 м, причем максимальная мощность отмечается на обводнённых участках.

2. Ярус надмерзлотный получает тепло с относительно нагретыми напорными водами из глубоких горизонтов. Проникают эти воды по «окнам» в слое глин или в талых участках между островами вечной мерзлоты. При неглубоком залегании мерзлых пород, когда «вечная мерзлота» сливается с сезонной, температура пород в летнее время постепенно уменьшается с глубиной. В зимнее время при резком охлаждении поверхности Земли, картина должна быть обратной. При значительном залегании мерзлых пород (первые десятки метров) температура остаётся постоянной, затем на глубине статического уровня резко понижается (скважина 1/1). Геотермический градиент колеблется в пределах 1,8–2 °С/100 м.

3. Ярус реликтовой мерзлоты играет двоякую роль в геотермическом режиме впадин. Во-первых, мерзлые породы являются надёжным экраном на пути теплового потока из глубин. Во-вторых, имея отрицательную температуру, они оказывают охлаждающее воздействие на ниже- и вышележащие породы. С другой стороны, мерзлые породы подогреваются потоком тепла из недр Земли, что ведёт к их деградации снизу. Прямые измерения температуры реликтовой мерзлоты на глубине 20–40 м составляют $-0,1$ °С.

4. Ярус подмерзлотный характеризуется скважиной 26, которая на забое имеет температуру 10,8 °С (см. выше). Если исходить из того, что нижняя граница «вечной» мерзлоты (нулевая изотерма) находится на глубине 60 м, то, по расчетам для интервала 60–207 м, геотермический градиент составляет 7 °С/100 м. При такой величине градиента температура нижних горизонтов рыхлой толщи, выполняющей Чуйскую впадину, может достигать температуры 70 °С.

В тех случаях, когда в мощной толще рыхлых отложений отсутствуют горизонты мерзлых и глинистых пород, а разрез представляет собой единый водоносный горизонт, геотермический разрез имеет простое строение. Под породами, реагирующими на ход сезонных температур воздуха, залегает единый в геотермическом отношении ярус. Термограмма по скважине 22 позволяет выполнить следующий расчёт. Если принять, что термограмма обводнённого слоя с глубины 44 м до забоя скважины (170 м) отражает температуру горных пород, то при температуре на глубине 44 м 3,3 °С, а на глубине 170 м 9,2 °С геотермический градиент составит 4,7 °С/100 м.

Выделение геотермических ярусов подтверждается и химизмом подземных вод.

В Сайлюгемской степи, на окраине Чуйской котловины, в скважине 412 (интервал опробования 189–193 м) вода имела минерализацию всего лишь 0,15 г/л и резко выраженный гидрокарбонатный (85,4 %экв.) магниево-кальциевый состав. В урочище Бар-Бургазы по скважине 406 с глубины 102–150 м минерализация воды также была невысокой (0,24 г/л) и имела гидрокарбонатный (93,3 %экв.) магниево-кальциевый состав. Низкая минерализация и гидрокарбонатный состав вод являются следствием того, что именно периферийная часть котловины является областью питания, где подземные воды формируются за счёт метеорных осадков.

В пос. Тебелер по скважине 427 был опробован подмерзлотный ярус на глубине 182,8–192,4 м. Воды имели максимальную из известных минерализацию – 0,74 г/л и сульфатно-карбонатный натриевый тип. Надмерзлотные воды здесь же в скважине 426 (глубина 7–7,9 м) имели минерализацию 0,68 г/л и такой же химический состав. Увеличение минерализации и изменение химического состава в сторону увеличения содержания ионов натрия (49,1 %экв.) и сульфата (37,5 %экв.) свидетельствуют о затруднённом водообмене и создании подпорных условий. Последние обусловлены наличием скального барьера между Курайской и Чуйской впадинами.

КАРБОНОВЫЕ ОЛИСТОСТРОМЫ САЛАИРА

А. Л. Будников

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Карбоновые отложения в пределах Алтайского Салаира занимают довольно обширные пространства, подковообразно распространяясь практически на всей южной части Салаирского Кряжа. Изучение отложений осложнено плохой обнаженностью и повсеместно развитой коры химического выветривания, которая сильно затушевывает все первичные структурно-текстурные признаки и первичный состав пород.

В период проведения геолого-поисковых работ 2005 – 2006 гг., был накоплен и изучен новый материал, кото-