Записки Ленинградского ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г. В. Плеханова
т. LXII, вып. 2, 1971 г.

О НАЛЕДНЫХ ПРОЦЕССАХ В БАССЕЙНАХ рр. МОМЫ И ТИХОН-ЮРЯХ

В. В. Шепелев

Исследование режима наледей в бассейнах рек Мома и Тихон-Юрях * имело целью рекомендацию рациональных мер борьбы с наледями и разработку методики учета наледных явлений в общем балансе поверхностных и подземных вод.

Район рек охватывает центральную и юго-восточную части Момо-Селенняхской впадины, окаймленной системой горных хребтов и цепей Черского. На территории развиты сплошные многолетнемерзлые породы. Мощная (до 3000 *м*) толща вулканогенно-осадочных и лагунно-континентальных угленосных отложений зырянского комплекса охватывает верхнюю юру и нижний мел. Поймы, речные террасы и низкие водоразделы выполнены ледниковыми и озерно-аллювиальными четвертичными отложениями. Магматические породы образовались главным образом в мезозойское время. Состав пород преимущественно кислый. Широко распространены разрывные нарушения. Наиболее крупные из них отделяют Момо-Селенняхскую впадину от Право-Момского вала и Тас-Хаяктахского блока.

Характерной особенностью района является широкое распространение наледей на русловых и пойменных участках рек. В бассейне р. Момы насчитывается около 82 крупных наледей с суммарной площадью 428 $км^2$. Коэффициент наледности (отношение суммарной площади наледей к общей площади бассейна реки в процентах) равен 1,58 для бассейна р. Момы и 0,75 — рр. Тихон-Юрях.

В высотном отношении для наледей района характерна отчетливая вертикальная поясность. Статистическая обработка распределения наледей бассейна р. Момы показала, что максимум наледей морфологически приурочен к выходу рек из горных областей в равнинную часть.

Наблюдения за режимом наледообразования были поставлены на четырех наледях района: две в бассейне р. Момы (наледи 1 и 4) и две — в бассейне р. Тихон-Юрях (наледи 2 и 3). Наблюдения проводились путем подекадных ледосъемок с определением мощности льда по специально оборудованной сети вех и сопровождались комплексом гидрологических, гидрохимических, геотермических и других работ.

В зиму 1967—1968 гг. устойчивые отрицательные температуры воздуха установились с 30 сентября. Формирование наледей началось в конце ноября — начале декабря, т. е. спустя 1,5—2 месяца с момента установления зимних морозов, что объясняется увеличивающимся с глубиной запаздыванием промерзания грунта сверху и характеризует в какой-то степени значительную емкость подрусловых таликов. В период, предшествующий наледообразованию, происходит сужение живого сечения реки в результате промерзания сверху, которое ведет к вздутию поверхности льда рек. Образуются бугры пучения вытянутой по руслу реки формы.

* Проводились Институтом мерзлотоведения Сибирского отделения АН СССР в 1967—1968 гг.

Период формирования наледей (с момента появления до начала таяния) 160—180 дней. Накопление наледного льда начинается с излияния воды из ледяных бугров и рассредоточения формирующейся наледи по обе стороны русла реки. Под действием возрастающего напора воды снизу ледяной покров вспучивается, образуя трещины в узловых перегибах льда: в вершине бугра (тип I) и по периметру его основания (тип II). Излияния воды из трещины типа I не происходит. Нижняя часть наледи работает на сжатие, и ввиду высокой пластичности подошвы ледяного покрова (температура льда здесь близкая к 0° С) способна выдерживать очень большие давления, изгибаясь без растрескивания.*

Выход напорной воды периодически происходит через трещины типа II, которые служат своеобразными ледяными клапанами и скрыты от непосредственного наблюдения. Верхняя часть таких трещин на какой-то стадии вспучивания ледового покрова из-за хрупкости низкотемпературного льда получается сквозной. Просачиваясь сквозь этот «сифон» вода снимает напор. Образовавшийся слой воды у основания бугра покрывает трещину сверху. Происходит режеляция льда, и «клапан» закрывается. Лед в верхней части трещины приобретает достаточную пластичность, чтобы выдержать возникающий вновь напор воды снизу. Ледовый покров вновь деформируется. Трещины увеличиваются. Но вода на поверхность льда не выйдет до тех пор, пока предыдущий ее слой, прикрывший трещину, не промерзнет и образовавшийся лед не приобретет достаточной хрупкости. После этого процесс повторяется. Относительная высота ледяных бугров при этом увеличивается незначительно из-за постоянного наращивания у основания бугров новых слоев льда. Ширина же открытых трещин типа I постоянно увеличивается, поэтому на буграх одинакового размера наблюдаются разной ширины открытые сверху трещины.

В зимние оттепели, а чаще всего весной, бугры пучения взрываются, вследствие того, что промерзание излившейся воды, перекрывающей трещины типа II, происходит очень медленно в связи с повышением температуры воздуха. Возрастающий напор воды приводит к вспучиванию льда, но пластичность всех его узловых перегибов исключает в этом случае сквозное растрескивание. Поэтому в начальный период повышения температуры воздуха рост наледей несколько стабилизируется. Однако со временем возрастающий напор воды разрывает сочленение льда в верхних частях круговых трещин типа II и «вырезаемый» таким образом ледяной бугор с шумом выбрасывается, а на его месте остается полынья округлой формы. Рост и действие ледяных бугров в этот период наледообразования заканчивается. Вода беспрепятственно изливается на поверхность уже из образовавшихся полыней, что, несомненно, сказывается на интенсивности роста наледей.

Имея количественную характеристику роста наледей, можно проследить ход их формирования во времени и выявить факторы, влияющие на их развитие. Месячные приращения объема наледей $W_н$ за весь период их формирования (зима 1967—1968 гг.):

Наледь $W_н$	XI	XII	I	II	III	IV	V	Сумма
1 *млн.м*³	0,020	0,200	0,940	0,920	0,840	1,480	0,340	4,740
%	0,4	4,2	19,9	19,4	17,7	31,2	7,2	100
2 *млн.м*³	0,085	0,435	0,450	0,550	0,240	0,720	0,000	2,470
%	3,4	17,5	18,1	22,2	9,7	29,2	0,00	100

* А р э Ф. Э. Механизм развития и деградации наледи источников Улахан-Тарын. В сб.: Наледи Сибири. Наука, 1969.

С момента начала роста наледей по февраль непрерывно увеличивается интенсивность ледонакопления. В марте снижается рост наледей резко, а в апреле вновь возрастает. За первую половину периода формирования (до середины февраля) образуется 30% максимального ледозапаса наледи 1 и 50% наледи 2. Таким образом, рост объема наледей равномерно распределен по всему периоду их формирования. Объясняется это тем, что в первую половину периода ледообразования объем наледей увеличивается главным образом за счет интенсивного роста их мощности, когда изливающаяся на поверхность вода быстро замерзает вследствие низкой температуры воздуха. Во вторую половину периода формирования объем наледей увеличивается в основном за счет роста площади наледей.

Установлено, что средняя мощность наледей зависит от суммы отрицательных температур воздуха, влияние мерзлотно-гидрогеологических и геоморфологических условий отдельных речных долин сказывается лишь в начале периода формирования наледей (до середины декабря). В дальнейшем отмечается отчетливая линейная связь между ростом средней мощности наледей и суммой отрицательных температур воздуха: для наледи 1

$$h_{ср} = 0{,}10 \sum (-t);$$

для наледи 2

$$h_{ср} = 0{,}12 \sum (-t).$$

Здесь $h_{ср}$ — средняя мощность наледного льда, *м*; $\sum (-t)$ — сумма отрицательных температур воздуха, °С; 0,10 и 0,12 — коэффициенты роста наледей $\alpha_р$, *мм*/°С.

Принимая среднее значение для наледей района $\alpha_р = 0{,}11$ *мм*/°С и зная сумму отрицательных температур воздуха в зиму 1967—1968 гг., определим среднюю мощность льда наледей на дату максимального ледозапаса

$$h_{ср} = 0{,}11 \times 6534 + 0{,}72 \text{ м}.$$

Фактические значения $h_{ср}$ на дату максимального ледозапаса в целом соответствуют расчетным. Приводим основные параметры исследованных наледей на дату максимального развития (1968 г.):

Наледи	1	2	3	4
Дата наблюдений	10/V	30/IV	29/IV	28/IV
$h_{ср}$, *м*	0,62	0,80	0,25	0,88
$W_н$, *м*^{3}	4,739	2,470	0,166	3,210
$F_н$, *км*^{2}	7,644	3,088	0,664	3,649
Q, *л/сек* *	288	150	11	185

Важными количественными показателями наледей являются их удельная поверхность и удельный объем, т. е. величины, суммирующие влияние всего сложного комплекса факторов на развитие наледных процессов **. Удельная поверхность наледей есть площадь, которая обеспечивается дебитом в 1 *л/сек*

$$f_н = \frac{F_н}{Q},$$

где $f_н$ — удельная поверхность наледи, *км*^{2}/*л/сек*; $F_н$ — площадь наледи, *км*^{2}; Q — дебит источника, *л/сек*.

---

* Величина наледного питания.

** Толстихин О. Н. О возможности использования площадей наледней для ориентировочной оценки ресурсов подземных вод. В сб.: Методика гидрогеологических исследований и ресурсы подземных вод Сибири и Дальнего Востока. Наука, 1966.

Удельный объем наледи, т. е. объем который обеспечивается дебитом источника в 1 *л/сек*

$$\omega_н = \frac{W_н}{Q_{\text{ист}}}.$$

Вычислены следующие значения удельной поверхности и удельного объема исследованных наледей:

Наледь	$f_н$, *км²/л/сек*	$\omega_н$, *млн. м³/л/сек*
1	0,027	0,0164
2	0,021	0,0164
3	0,068	0,0154
4	0,020	0,0173
Среднее	0,023	0,0164

Таким образом, удельные поверхности наледей, расположенных в одинаковых климатических условиях, различны, что объясняется морфометрическими особенностями отдельных наледных долин. Значения удельного объема наледей близки друг к другу, что указывает на представительность показателя.

На основании поставленных режимных наблюдений на наледях бассейнов рр. Моны и Тихон-Юрях установлено следующее: время формирования наледей 160—180 дней при общей продолжительности холодного периода года 226 дней; $\alpha_р = 0{,}11$ *мм*/°С; $f_н = 0{,}023$ *км²/л/сек*; $\omega_н = 0{,}0164$ *млн.м³/л/сек*.

Знание этих величин для каждого района позволит правильно определить по дебиту источников объем наледей, а также приближенно оценить суммарную величину подземного стока, пошедшего на их образование, и степень регулирования общего стока рек наледными процессами.