

и т.д., при этом должны функционировать соответствующие службы ведомственных и контролирующих организаций с оперативным принятием координирующих решений при изменении экологической обстановки в регионах.

С кальциевым подтипом распространенных в Якутии рассолов наиболее тесно и в больших масштабах в настоящее время соприкасаются во всех ГОКах АК «АЛРОСА», особенно в Удачинском. Если рассматривать эти подземные воды с разных позиций, то можно обнаружить их резко противоположные качества. Являясь «жидкой рудой» и обладая бальнеологической ценностью, эти растворы имеют отрицательные показатели и свойства, оказывающие влияние на эффективность функционирования алмазодобывающих предприятий и прилегающую экологическую обстановку при прямом сбросе в поверхностные водотоки.

Необходимо отметить, что способность биосистемы региона регенерироваться и приобретать свои исходные природные свойства и показатели приводит к тому, что в близлежащих реках восстанавливаются рыбные запасы, имеется возможность ловить в них рыбу. Все это говорит о том, что проводимые природоохранные мероприятия алмазодобывающими, нефтегазовыми и другими предприятиями дают свои положительные результаты в геоэкологической ситуации по Западно-Якутскому региону.

Ознакомление широкого круга специалистов и местного населения республики с существующими проблемными вопросами горного производства и экологической ситуацией в промышленных районах Якутии необходимо осуществлять постоянно и всесторонне. Поэтому данная публикация в целом расширит представление о подземных промышленных, минераль-

ных и лечебных водах, как наиболее ценного для человека полезного ископаемого на Земле, об их разновидностях и возможности дальнейшего использования в быту и народном хозяйстве.

Литература

1. *Гидрогеология СССР*. Т. XX. Якутская АССР. – М.: Недра, 1970. – 384 с.
2. *Мерзотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири* / В.В. Шепелёв, О.Н. Толстихин, В.М. Пигузова и др. – Новосибирск: Наука, 1984. – 191 с.
3. *Черепанова А.П.* Мерзотно-гидрогеологические условия распространения и перспективы использования минеральных подземных вод Якутской части Сибирской платформы: автореф. дис. ... к.г.-м.н. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2010. – 19 с.
4. *Дроздов А.В.* Природные и техноприродные резервуары промышленных стоков в криолитозоне (на примере Якутской части Сибирской платформы). – Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. – 416 с.
5. *Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В.* Криво-гидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. – Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. – 507 с.
6. *Дроздов А.В., Сухов С.С.* Разновидность природных систем подземных промышленных вод на Сибирской платформе // *Водные ресурсы*. – 2008. – Т. 35, № 3. – С. 277 – 287.
7. *Пиннекер Е.В.* Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. – М.: Наука, 1966. – 332 с.
8. *Дроздов А.В., Стручкова А.С., Корепанов А.Ю.* Особенности проведения гидрогеологических исследований на алмазных месторождениях Западной Якутии // *Горный журнал*. – 2012. – № 12. – С. 94–97.
9. *Дзюба А.А.* Разгрузка рассолов Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1984. – 156 с.

Поступила в редакцию 7.02.2013

УДК 551.49:551.345

Динамика формирования наледей на территории Южной Якутии

Ф.Р. Завадский

Представлен анализ многолетней динамики формирования наледи в бассейне р.Локуучахит за 1984–2004 гг. Выявлены основные закономерности изменения объемов формирующейся наледи в многолетнем разрезе. Оценена степень влияния основных климатических факторов на объем формирующейся наледи. На основании анализа данных режимных наблюдений установлено отсутствие корреляционной связи между количеством осадков предшествующего гидрологического года, суммы отрицательных температур воздуха за сезон с объемом формирующейся наледи.

Ключевые слова: объем наледи, расход наледеобразования, сумма отрицательных температур воздуха, трещинные подземные воды, подрусловый сток.

ЗАВАДСКИЙ Феликс Романович – н.с. ИМЗ СО РАН, zavadski07@rambler.ru.

The analysis of long-term dynamics of icing development in the Lokuuchakit River basin during the period 1984–2004 is presented. The main patterns in interannual variability of icing growth are revealed. The effects of basic climatic factors on the icing growth are estimated. The analysis of the observation data shows that the volume of a growing icing has no correlation with precipitation of the previous hydrological year or seasonal air freezing index.

Key words: icing volume, icing discharge, air freezing index, fracture ground water, stream underflow.

В настоящей статье даётся оценка динамики формирования средней по размеру наледи, расположенной в бассейне р. Локуучакит, левого притока р. Чульман.

Участок Локуучакит расположен в западной части Чульмаканского каменноугольного месторождения в пределах площади развития терригенных отложений юрского возраста, которые повсеместно перекрыты маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений различного генезиса. По морфологическим признакам площадь участка исследований относится к среднегорью южной части Алданского нагорья и характеризуется сглаженными формами рельефа. Водоразделы в бассейне рек Чульман, Локуучакит представляют собой залесённые увалы с полого-выпуклыми поверхностями выравнивания. Склоны водоразделов преимущественно средней крутизны с развитыми на отдельных участках денудационными уступами. Глубина расчленения рельефа 120–170 м при максимальных абсолютных отметках водоразделов до 940 м.

Река Локуучакит является постоянно действующим водотоком, хотя в конце зимнего водо-критического периода поверхностный сток заметно сокращается и составляет 35–45 л/с. Долина р. Локуучакит V-образная, асимметричная, шириной 80–110 м. Склоны долины крутые, высотой 130–180 м, поросшие смешанным лесом. Дно долины и русло реки сложены валунами и галькой с песчаным заполнителем. Протяжённость реки составляет 26 км, площадь водосбора 215 км². В настоящее время в бассейне реки формируются три наледи средних размеров с объёмом льда до 0,5 млн.м³. Их общая длина в момент наибольшего развития достигает 4–5 км, средняя ширина 80–120 м, а мощность льда в отдельных точках 4–5 м.

В соответствии со стратиграфией в гидрогеологическом разрезе участка можно выделить:

- поровые подземные воды четвертичных отложений;
- трещинные и трещинно-жильные подземные воды юрских отложений.

В соответствии с существующей гидрогеологической классификацией подземных вод криолитозоны В.В. Шепелёва [1] подземные воды четвертичных отложений можно отнести к над- и межмерзлотным водам различных типов и подтипов, а трещинные и трещинно-жильные

подземные воды юрских отложений – к под- и межмерзлотным водам различных типов и подтипов.

Подземные воды аллювиальных отложений имеют довольно широкое распространение и приурочены к сквозному подрусловому талику р. Локуучакит. По типу вертикальной фильтрации они относятся к субаквальным безнапорным водам с вертикальной нисходящей фильтрацией. Вскрытая мощность аллювиального водоносного горизонта в пределах участка наледообразования достигает 3,8–4,5 м. Относительным водоупором для аллювиального водоносного горизонта служат трещиноватые песчаники юрского возраста. Глубина залегания подземных вод составляет 0,4–1,5 м. По имеющимся данным геофизических исследований ширина сквозного подруслового талика р. Локуучакит достигает 80–100 м. Питание аллювиального водоносного горизонта осуществляется за счёт инфильтрации поверхностных вод р. Локуучакит, а также за счёт разгрузки напорных трещинных вод юрского водоносного комплекса. По химическому составу подземные воды являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми с минерализацией 70–115 мг/л.

Подземные воды юрских отложений также имеют повсеместное распространение и приурочены к зоне экзогенной и тектонической трещиноватости терригенных пород (разнозернистые песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов и пластами углей). По классификации В.В. Шепелёва [1] они относятся к контактирующим с нижней границей многолетне-мёрзлых пород и являются напорными с залеганием пьезометрического уровня выше подошвы многолетне-мёрзлых пород.

По данным детальной разведки в пределах Локуучакитского участка Чульмаканского месторождения вскрытая мощность юрского водоносного комплекса колеблется от 80 до 360 м, а суммарная мощность водовыводящих зон по данным геофизических исследований в скважинах – от 2 до 12 м. По характеру циркуляции подземные воды относятся к трещинным и трещинно-жильным. В пределах водоразделов и в верхней части склонов подземные воды являются безнапорными, а в долинах рек и ручьёв в присутствии многолетне-мёрзлых пород наблюдается напорный режим фильтрации. На водо-

разделах уровень подземных вод залегает на глубине 68–110 м, на склонах – на глубине 15–45 м, а в долине р. Локуучакит – на глубине 2,8–8,6 м. Питание юрского водоносного комплекса осуществляется, в основном, за счёт инфильтрации в летний период времени атмосферных осадков на талых участках водоразделов. Подземные воды юрского водоносного комплекса по степени минерализации являются пресными. Минерализация их колеблется от 138 до 231 мг/л, составляя в среднем 190 мг/л. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциево-магниевого, иногда кальциевого.

Согласно геокриологическому районированию Чульманской впадины, Локуучакитский участок, расположенный в междуречье Локуучакит – Кабакта, относится к зоне островного и массивно-островного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Максимальная мощность ММП на участке исследований приурочена к склонам восточной и северо-восточной экспозиции на правом борту долины р. Локуучакит. По данным геотермических замеров в скважинах мощность ММП составляет 45–60 м. Водоразделы талые. Средний геотермический градиент для талых пород по участку исследований составляет $0,44\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, для мерзлых – $0,82\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Исследование мерзлотно-гидрогеологических условий участка и динамики формирования наледи выполнялись при участии и руководстве автора.

Площадь развития исследуемой наледи представляет собой расширенный участок долины р. Локуучакит (рис. 1), характеризующийся западинно-бугристым или плоским рельефом. Здесь господствуют низкорослые кустарники и мхи. Очень часто растительность полностью отсутствует и участки наледных полей представляют собой россыпи слабо окатанных камней. Места выходов наледообразующих источников очень чётко фиксируются по присутствию ельников в до-

лине, а также по наличию полыней в русле реки в зимнее время.

Согласно данным стационарных режимных наблюдений, на верхнем створе перед участком формирования наледи существует устойчивый зимний сток за счёт транзита подземных вод из верхней части бассейна р. Локуучакит. Величина зимнего меженного стока колеблется от 205–228 л/с (середина ноября) до 49–64 л/с (конец апреля). На нижнем створе ниже участка формирования наледи также существует довольно устойчивый зимний сток за счёт транзита подземных вод и величина зимнего меженного стока колеблется от 218–242 л/с (середина ноября) до 53–69 л/с (конец апреля).

Детальное расчленение руслового баланса за период 1983–2003 гг. на участке формирования наледи говорит о том, что на протяжении многих лет здесь наблюдается довольно мощный очаг разгрузки подземных вод юрского водоносного комплекса. Суммарная величина разгрузки в пределах участка наледообразования в течение зимнего водно-критического периода колебалась в широких пределах от 26 до 82 л/с. Следует отметить, что лишь часть величины подземного стока (около 50–60%) идёт на формирование наледи, а остальная часть уходит транзитом подрусловым и русловым стоком вниз по течению реки.

Всё вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что формирование наледи осуществляет-



Рис.1. Карта района исследований и расположения исследуемой наледи

ся за счёт поступления трещинных и трещинно-жильных подземных вод юрского водоносного комплекса, разгружающихся субаквально в русле реки выше исследуемой наледи и непосредственно в пределах участка наледообразования. Местоположение исследуемой наледи приведено на рис.1.

Основные морфометрические характеристики наледи (объём и расход наледообразования), а также основные климатические условия её формирования приведены в таблице. Климатические данные приведены по метеостанции Чульман, расположенной в 12 км от участка исследований (рис.1).

Динамика формирования и причины возникновения различных по генезису и размерам наледей во многих регионах Сибири и Дальнего Востока очень детально рассмотрены в работах [2, 3]. Основными природными факторами, влияющими на динамику роста и конечный объём формирующихся наледей подземных вод, являются сумма атмосферных осадков, выпавших за предшествующий гидрологический год; сумма отрицательных температур воздуха в зимний период; ход средних месячных температур воздуха в зимний период; темп промерзания водосодержащих пород подруслового талика [4]. Многолетняя динамика формирования наледи р. Локуучаит приведена на рис.2.

Согласно данным многолетних гидрометеорологических наблюдений, начиная с 1945 г. на территории Южной Якутии отмечены циклические колебания различного периода (от 3 до 6 лет) в количестве выпадающих за год атмосферных осадков и суммы отрицательных среднемесячных температур воздуха в зимний период времени (ноябрь–апрель). По данным наблюдений на метеостанции Чульман за период исследований за динамикой формирования наледи на р. Локуучаит (1983–2003 гг.) наиболее многоводными были 1983, 1996, 1997 и 2003 гг. (годовая сумма осадков превышала 600 мм), а наиболее засушливыми – 1984, 1986, 1988 и 1990 гг.

Проведенный парный корреляционный анализ показал на отсутствие устойчивой связи между количеством выпавших осадков предшествующего гидрологического года и объёмом формирующейся наледи (коэффициент корреляции $R=0,41$). Можно лишь отметить, что наибольших объёмов наледи на р. Локуучаит достигала в сезоны 1991/1992 и 2000/2001 гг., когда предшествующий год был средним по водности. По данным метеостанции Чульман за период наблюдений (1983–2003 гг.) наиболее суровыми были зимы 1984/1985, 1986/1987, 1998/1999 и 2000/2001 гг., а наиболее мягкими –

Основные гидрологические и метеорологические характеристики района исследований и параметров наледи на р. Локуучаит за многолетний период (1983–2003 гг.)

Годы наблюдений	Сумма осадков, мм	Сумма отрицательных температур, °C	Объём наледи, тыс.м ³	Расход наледообразования, л/с
1983–1984	662,9	139,0	249,3	19
1984–1985	437,8	142,6	188,8	12
1985–1986	549,6	139,7	362,7	25
1986–1987	365,3	140,3	357,4	23
1987–1988	516,1	130,0	390,4	31
1988–1989	473,9	133,9	235,9	16
1989–1990	597,4	119,9	316,3	24
1990–1991	429,5	131,1	428,1	29
1991–1992	542,3	126,1	469,0	30
1992–1993	510,7	124,2	402,5	36
1993–1994	584	139,4	236,8	15
1994–1995	492,9	136,0	310,5	22
1995–1996	464,6	137,2	328,6	22
1996–1997	731,5	124,8	196,7	13
1997–1998	735,5	136,4	205,4	16
1998–1999	565,6	143,3	279,6	23
1999–2000	592,5	140,2	297,4	19
2000–2001	466,1	143,8	497,5	36
2001–2002	532,5	136,0	215,3	14
2002–2003	546,9	139,4	311,3	22
2003–2004	614,7	133,0	405,5	28

1989/1990, 1991/1992 и 1992/1993 гг. Проведенным парным корреляционным анализом не выявлено устойчивой связи между суммой отрицательных среднемесячных температур воздуха и объёмом формирующейся наледи (коэффициент корреляции $R=0,18$). Можно лишь отметить, что наибольших объёмов наледи достигла в сезоне 2000/2001 г., когда была очень суровая зима.

За период 1983–2003 гг. объём формирующейся наледи менялся в пределах от 188,8 тыс.м³ до 497,5 тыс.м³ (рис.2). Можно выделить 2–3-летние циклы, в течение которых происходил рост или наоборот спад объёмов формирующейся наледи.

Формирование наледи начинается обычно в первой–второй декаде ноября. Сначала льдом заполняется основное русло реки и её протоки, а затем наледь распространяется в пределах поймы, постепенно увеличиваясь по площади. При анализе динамики формирования наледи в зимний период можно выделить три основных периода.

Первый период (ноябрь–начало января) характеризуется очень сложным и неравномерным приращением объёмов льда. По времени этот период характеризуется наиболее низкими значениями температуры воздуха и интенсивным промерзанием сезонно-мёрзлого слоя и части подруслового талика.

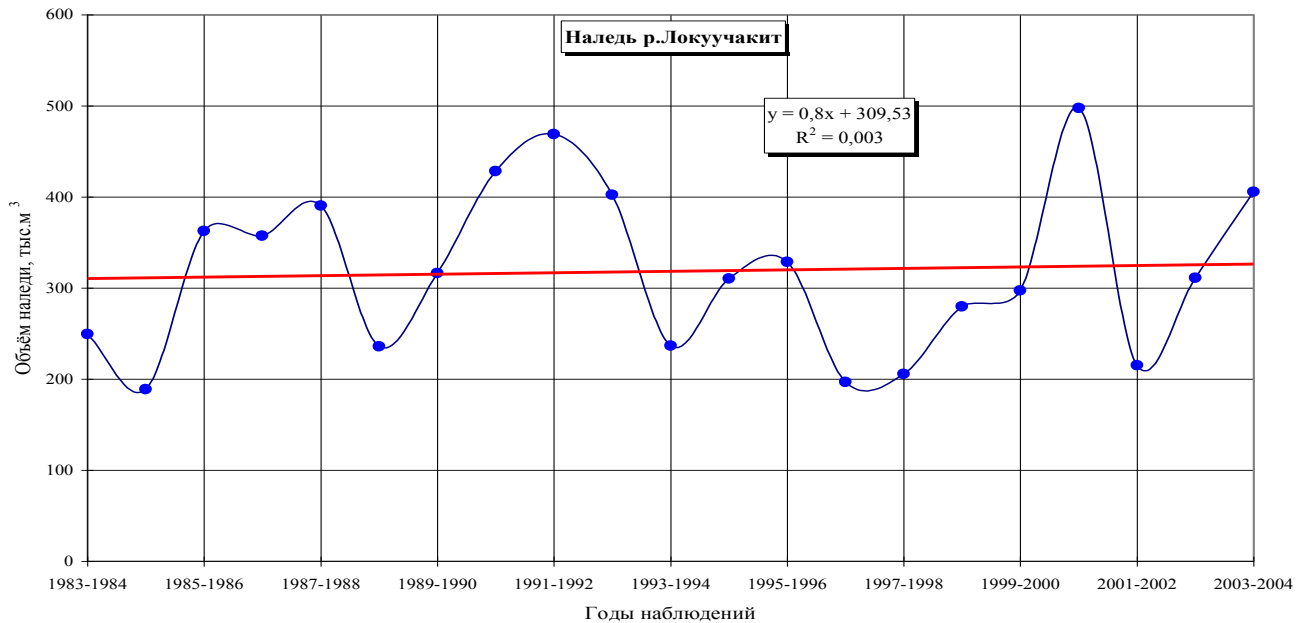


Рис. 2. Изменение объёма наледи в отдельные сезоны за период наблюдений (1983–2003 гг.)

Второй период (начало января–начало февраля) обычно характеризуется плавным, а иногда резким увеличением интенсивности роста наледи. В этот период отмечаются минимальные средние месячные и средние декадные температуры воздуха. Рост наледи по площади практически полностью прекращается и наледь начинает интенсивно расти в высоту.

Третий период (начало февраля–середина апреля) характеризуется постепенным снижением интенсивности роста наледи вплоть до полного прекращения её роста. Максимальных размеров наледь достигает обычно к середине апреля незадолго до перехода средних суточных температур воздуха через 0°C .

В конце апреля–начале мая начинается таяние и интенсивное разрушение тела наледи талыми водами. Наледь полностью исчезает к концу июня–началу июля.

Выводы

Решающая роль в формировании наледей на территории Южной Якутии, в частности в бассейне р. Локуучакит, принадлежит подмерзлотным напорным трещинным и трещинно-жильным водам, функционирующим в подруловых таликах средних по площади бассейна водотоков района исследований. На формирование наледей используется от 50 до 60 % величины подземного стока, а остальная часть уходит транзитом подруловым и русловым стоком. Наледи начинают формироваться в начале ноября, но в некоторые годы (сравнительно небольшие морозы и большое количество выпавшего снега в октябре–ноябре) отмечается сме-

щение сроков начала наледообразования на конец ноября – начало декабря.

Рост наледей продолжается в течение всего зимнего периода, однако наиболее интенсивно в феврале или марте при повышении средней месячной температуры воздуха до $-20...-25^{\circ}\text{C}$ и выше. Рост наледей прекращается в середине апреля незадолго до перехода средних суточных температур воздуха через 0°C . Процесс таяния и разрушения наледей начинается в конце апреля – начале мая. Согласно фактическим данным, не установлена чёткая корреляционная зависимость между максимальным объёмом формирующихся наледей, величиной атмосферных осадков предшествующего года и суммой отрицательных средних месячных температур воздуха.

Литература

1. Шепелёв В.В. Общая характеристика основных типов подземных вод криолитозоны. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. – С.5–17.
2. Шепелёв В.В. Режим источника и наледи Мугур-Тарын в Центральной Якутии // Исследование наледей. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО АН СССР, 1979. – С.87–97.
3. Бойцов А.В. Динамика образования средних по размерам наледей в Южной Якутии // Исследование наледей. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО АН СССР, 1979. – С.97–105.
4. Гаврилова М.К. Анализ изменения природно-климатических условий Якутии по начало следующего столетия // Природные условия осваиваемых регионов Сибири. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО АН СССР, 1987. – С.146–159.

Поступила в редакцию 30.05.2013