

– в остальных подземных выработках: $t_{np} \approx 2 \cdot v - 15^\circ\text{C}$.

Средняя скорость воздуха в лаве (из расчета требуемого режима проветривания при работе двух ПДМ ST7) составляет 0,7 м/с, при этом минимально допустимая температура в лаве будет равна $-6,6^\circ\text{C}$. Полученные расчетные значения (рис. 5) превышают этот показатель в 2–3 раза, тем самым устанавливаются довольно жесткие внутришахтные климатические условия. Исключение составляет вариант при работе в забое двух ПДМ ST7, тепловыделения от которых позволяют обеспечить приемлемые температурные условия для горнорабочих.

Согласно Единым правилам безопасности, в шахтах, где параметры воздуха по температурному фактору ниже допустимых норм, должны применяться меры по предупреждению переохлаждения организма горнорабочих, например, подогрев воздуха с помощью калориферов.

Заключение

Как показали проведенные прогнозные расчеты, в зимний период работы РШ «Солур» происходит прогрессирующее охлаждение и аккумуляция холода окружающими горными породами. Тем самым обеспечиваются устойчивость горных выработок и безопасные условия труда горнорабочим. При этом низкие температуры воздуха в очистных забоях могут послужить причиной роста простудных заболеваний рабочих и соответственно снижения производственных показателей РШ. В данном случае потребуется разработка соответствующих мероприятий по регулированию теплового режима в шахте для создания комфортных условий труда горнорабочим. В летний период (при круглогодичной эксплуатации) за счет поступления атмосферного тепла в шахту бу-

дет происходить интенсивная оттайка вмещающего выработки массива горных пород, что однозначно скажется на снижении устойчивости выработок и потребует увеличения затрат на их крепление. Таким образом, с этих позиций сезонная работа РШ предпочтительна.

Литература и источники

1. *Шерстов В.А.* Подземная разработка россыпных месторождений в условиях многолетней мерзлоты. – М.: ВИНТИ, 1994. – 90 с.
2. *Шерстов В.А., Скуба В.Н., Лубий К.И. и др.* Подземная разработка россыпных месторождений Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1981. – 180 с.
3. *Отчет «Технологический регламент на подземную отработку месторождения «Солур».* – М.: ИПКОН РАН, 2013.
4. *Шерстов В.А.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпных месторождений: учебно-методическое пособие. – Якутск: Якутский госуниверситет, ИГДС СО РАН, 2002. – 124 с.
5. *Фельдман Г.М.* Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии / Отв. ред. П.И. Мельников. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1988. – 240 с.
6. *Емельянов В.И., Мамаев Ю.А., Кудлай Е.Д.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей / Под ред. канд. техн. наук В.И. Емельянова. – М.: Недра, 1982. – 240 с.
7. *Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03–553–03).* Постановление Госгортехнадзора России от 13.05.03 № 30 (зарегистрировано Минюстом России 28.05.03 г., рег. № 4600).
8. *Дядькин Ю.Д., Шувалов Ю.В.* Тепловые съемки и тепловой расчет шахт и рудников: учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1977. – 87 с.
9. *Дядькин Ю.Д.* Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера. – М.: Недра, 1968. – 255 с.

Поступила в редакцию 20.11.2014

УДК 551.49:551.345

Химический состав подземных вод зоны активного водообмена Чульманского адартезианского бассейна

Ф.Р. Завадский, М.Н. Железняк, А.Ф. Жирков

Представлен анализ многолетней и сезонной динамики химического состава подземных вод юрского водоносного комплекса Чульманского адартезианского бассейна (Южная Якутия) на примере месторождения подземных вод Еловое за период 2002–2010 гг. Выявлены основные закономерности изменения химического состава подземных вод и оценена степень влияния динамики разгрузки подзем-

ЗАВАДСКИЙ Феликс Романович – к.г.-м.н., н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, zavadski07@rambler.ru;
ЖЕЛЕЗНЯК Михаил Николаевич – д.г.-м.н., директор Института мерзлотоведения СО РАН, fe@mpi.ysn.ru;
ЖИРКОВ Александр Федотович – аспирант Института мерзлотоведения СО РАН, zhirkov_af@mail.ru.

ных вод на их химический состав. На основании анализа данных многолетних режимных наблюдений установлены стабильность химического состава подземных вод в многолетнем разрезе и его изменчивость в течение года.

Ключевые слова: подземные воды, химический состав, макрокомпоненты, минерализация, трещинные подземные воды.

The analysis of long-term and seasonal dynamics of chemical composition of the groundwaters of Jurassic aquifer complex of Chulman adartesian basin (South Yakutia) on the base of the field of groundwaters Elovoe for the period 2002 – 2010 is presented. The basic regularities of changes in the groundwaters chemical composition are revealed and the extent of the influence of the dynamics of groundwaters discharge on their chemical composition is estimated. Based on the data analysis of long-term monitoring observations it is established the stability of the chemical composition of the groundwaters in the long-term perspective and its variability throughout a year.

Key words: chemical composition, macro components, mineralization, fractured groundwater.

Введение

Территория Южной Якутии находится в зоне преимущественно прерывистого и островного распространения многолетнемерзлых пород. В связи с наблюдаемым в последние десятилетия потеплением климата появилось много прогнозов и публикаций о деградации многолетней мерзлоты и изменении водных ресурсов.

Изучение динамики гидрогеологических параметров в отдельных регионах на основании имеющихся фактических материалов позволит уточнить целый ряд вопросов по оценке изменения природной среды, в том числе динамики многолетнего режима подземных вод основных водоносных комплексов, обеспечивающих экологическую безопасность регионов.

В настоящей статье представлена оценка динамики химического состава трещинных подземных вод юрского водоносного комплекса по данным режимных наблюдений по скв. 5123, расположенной в пределах месторождения пресных подземных вод Еловое.

Краткая характеристика месторождения

Месторождение подземных вод Еловое находится в центральной части Чульманского адартезианского бассейна в 5 км южнее пос. Чульман в долине ручья Семёновский, являющегося правым притоком р. Чульман. В пределах площади месторождения преимущественное распространение имеют терригенные толщи юрского возраста, которые повсеместно перекрыты маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений различного генезиса (элювий, делювий, аллювий). В геоморфологическом отношении месторождение относится к среднегорью южной части Алданского нагорья и характеризуется сглаженными формами рельефа. Водоразделы в бассейне р. Чульман

представляют собой залесённые увалы с полого-выпуклыми поверхностями выравнивания. Склоны водоразделов преимущественно средней крутизны с развитыми на отдельных участках денудационными уступами. Глубина расчленения рельефа достигает 150–180 м при абсолютных отметках водоразделов до 970 м.

Ручей Семёновский является постоянно действующим водотоком, хотя в конце зимнего водно-критического периода поверхностный сток заметно сокращается и составляет не более 30 л/с. Долина ручья V-образная, асимметричная, шириной от 50 до 110 м. В подножье склоны долины довольно крутые, поросшие смешанным лесом. Днище долины и русло реки перекрыто аллювием, сложенным валунами и галькой с песчаным заполнителем.

Согласно данным детальной разведки месторождения подземных вод Еловое, трещинные напорные подземные воды юрского водоносного комплекса в соответствии с существующей гидрогеологической классификацией подземных вод криолитозоны В.В. Шепелёва [1] можно отнести к подмерзлотным водам, контактирующим с нижней границей многолетнемерзлых пород. Вскрытая мощность юрского водоносного комплекса изменяется от 91 до 176 м, а суммарная мощность водовыводящих зон составляет от 4 до 16 м. В пределах водоразделов уровень подземных вод залегает на глубине 42–89 м, на склонах – на глубине 12–46 м, а в долине ручья Семёновский – на глубине от 0,8 до 12,2 м. Питание юрского водоносного комплекса осуществляется, в основном, за счёт инфильтрации в летний период времени атмосферных осадков на талых участках водоразделов.

Максимальная мощность многолетнемерзлых пород (ММП) на участке исследований приурочена к нижним частям склонов и днищу долины ручья Семёновский, где она достигает 40–55 м. Водоразделы и верхние части склонов талые. Средний геотермический градиент для талых по-

род по участку исследований составляет $0,48^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, а для мерзлых – $0,67^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

Методика наблюдений

Режимная, самоизливающаяся скв. 5123 расположена на склоне правого борта долины ручья Семёновский. Глубина её до забоя составляет 150 м. Дебит самоизлива в различные сезоны года изменяется от 5,5 до 22,4 л/с. Средний, многолетний дебит за период наблюдений (1994 – 2011 гг.) составил 13,8 л/с. Регулярные режимные наблюдения за химическим составом подземных вод юрского водоносного комплекса проводились гидрогеологами режимного отряда ГУГПП РС(Я) «Якутскгеология» с 2002 по 2010 г. Пробы воды отбирались на изливе и оперативно доставлялись в аккредитованные лаборатории. Частота отбора проб в начальный период исследований (2002–2004 гг.) составляла 6 проб в год через равные промежутки времени, а в последующие годы – 3–4 пробы воды в год. Следует отметить, что в обязательном порядке отбирались пробы в начале (сентябрь–октябрь) и конце (апрель–май) зимнего водно-критического периода. Отобранные пробы воды анализировались в химико-аналитической лаборатории ООО «Зюйд-Вест» (пос.Чульман) и центральной лаборатории ГУГПП РС(Я) «Якутскгеология» (г.Якутск) по стандартной методике.

Обсуждение результатов наблюдений

Как отмечалось рядом исследователей [2], формирование химического состава подземных вод в зоне интенсивного водообмена зависит, в первую очередь, от минерализации и величины инфильтрации выпадающих атмосферных осадков, скорости водообмена, степени промытости гидрогеологического разреза, состава и растворимости водовмещающих горных пород. По нашему мнению, на территории Южной Якутии, в пределах развития терригенных пород юрского возраста (песчаники, алевролиты, конгломераты), основными факторами формирования химического состава подземных вод в многолетнем разрезе являются: скорость водообмена в системе атмосферные осадки – подземные воды и степень промытости водовмещающих пород.

По имеющимся сведениям минерализация жидких осадков на территории исследований является стабильной величиной в многолетнем разрезе и изменяется в узких пределах от 18 до 26 мг/л. Атмосферные воды по химическому составу являются гидрокарбонатно-хлоридными смешанного катионного состава. Величина pH изменяется от 6,4 до 7,2. Снеговые воды имеют следующий химический состав: величина минерализации 10–12 мг/л, гидрокарбонатно-хлоридные, магниевые-кальциевые, величина pH 6,0–6,5.

Полученные в процессе наблюдений данные о геохимическом составе подземных вод юрского водоносного комплекса (скв.5123) позволили выявить сезонные изменения минерализации (рис.1).

По химическому составу подземные воды являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми. Минерализация их в течение 2003 г. изменялась в пределах от 176 до 226 мг/л. Максимальная величина минерализации отмечалась в конце зимнего водно-критического периода, а в летний период времени она уменьшалась в связи с инфильтрацией выпадающих атмосферных осадков. Аналогично происходит изменение содержания основных макрокомпонентов в воде. Подобный процесс сезонной изменчивости химического состава характерен для всего периода наблюдений. Однако имеются различия в амплитуде этих изменений, что зависит от количества выпадающих атмосферных осадков в летний период времени.

Межгодовая изменчивость минерализации и химического состава подземных вод по скв. 5123 представлена на рис. 2–4. Средняя годовая величина минерализации подземных вод имеет циклические колебания при среднем многолетнем

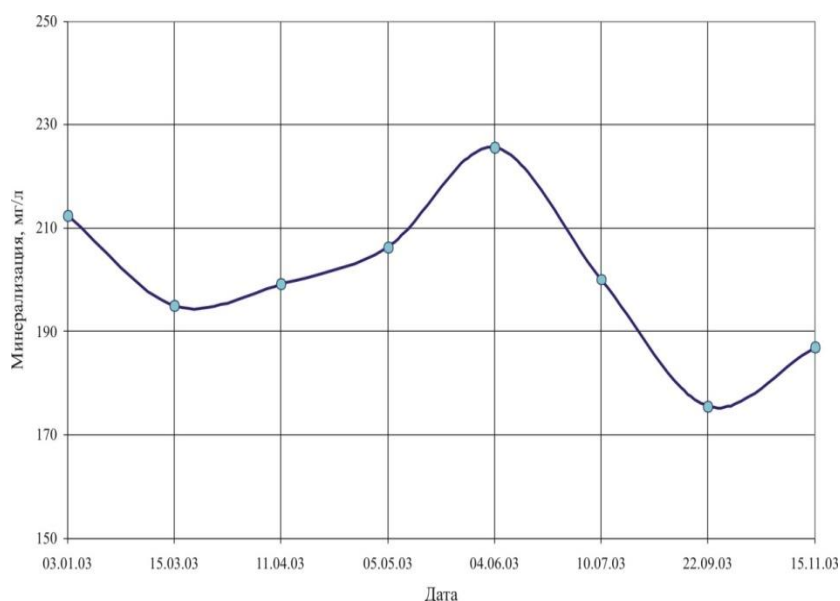


Рис.1. Сезонная изменчивость минерализации подземных вод по скв. 5123

ЗАВАДСКИЙ, ЖЕЛЕЗНЯК, ЖИРКОВ

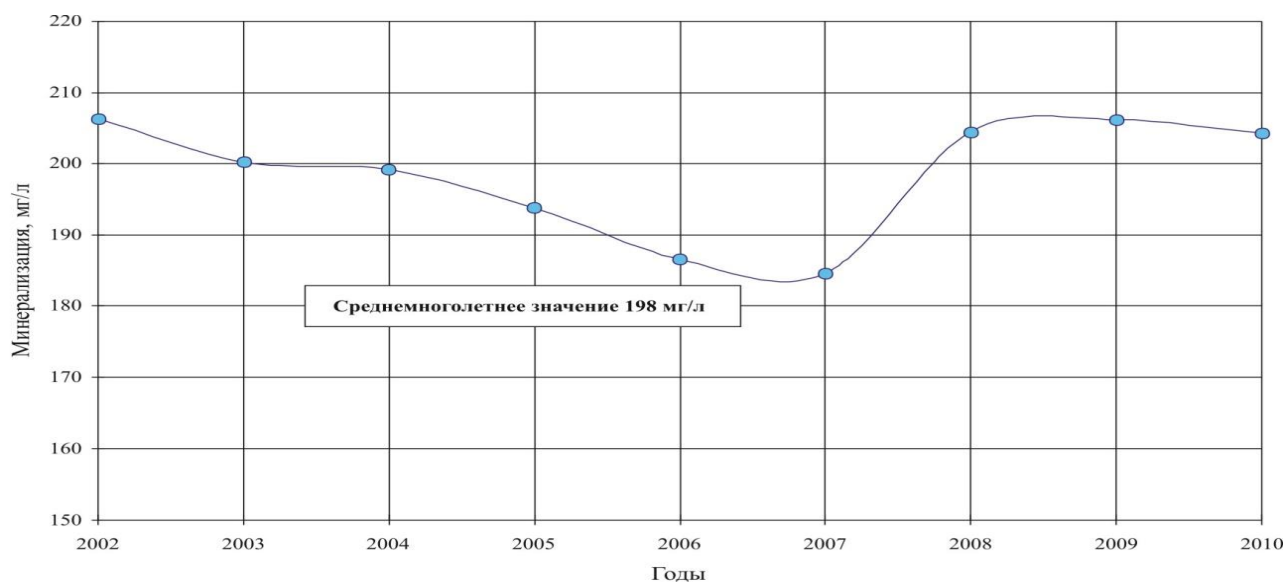


Рис.2. Межгодовая изменчивость минерализации подземных вод по скв. 5123

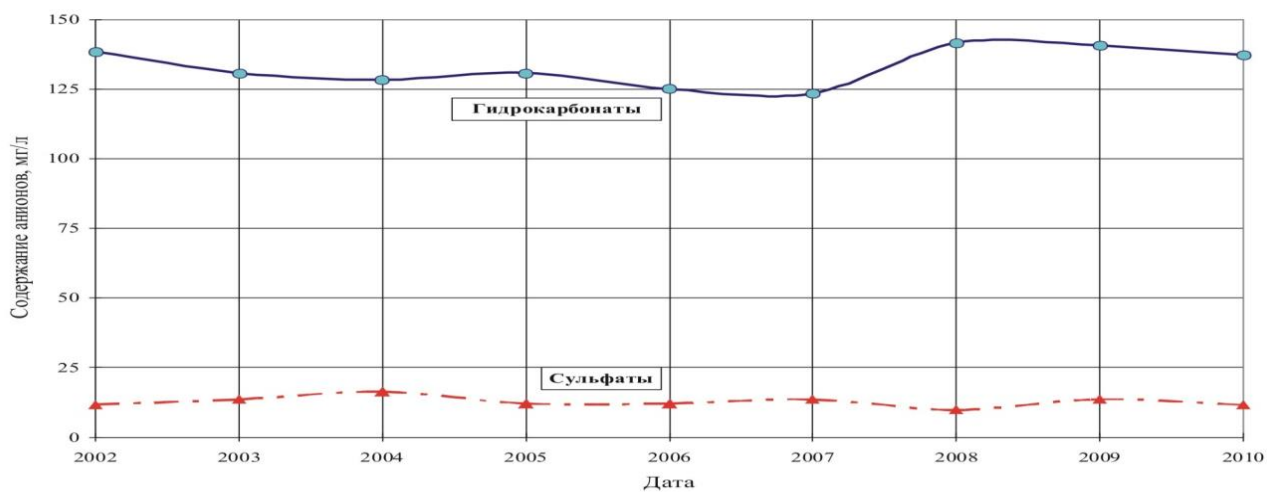


Рис.3. Межгодовая изменчивость анионного состава подземных вод по скв. 5123

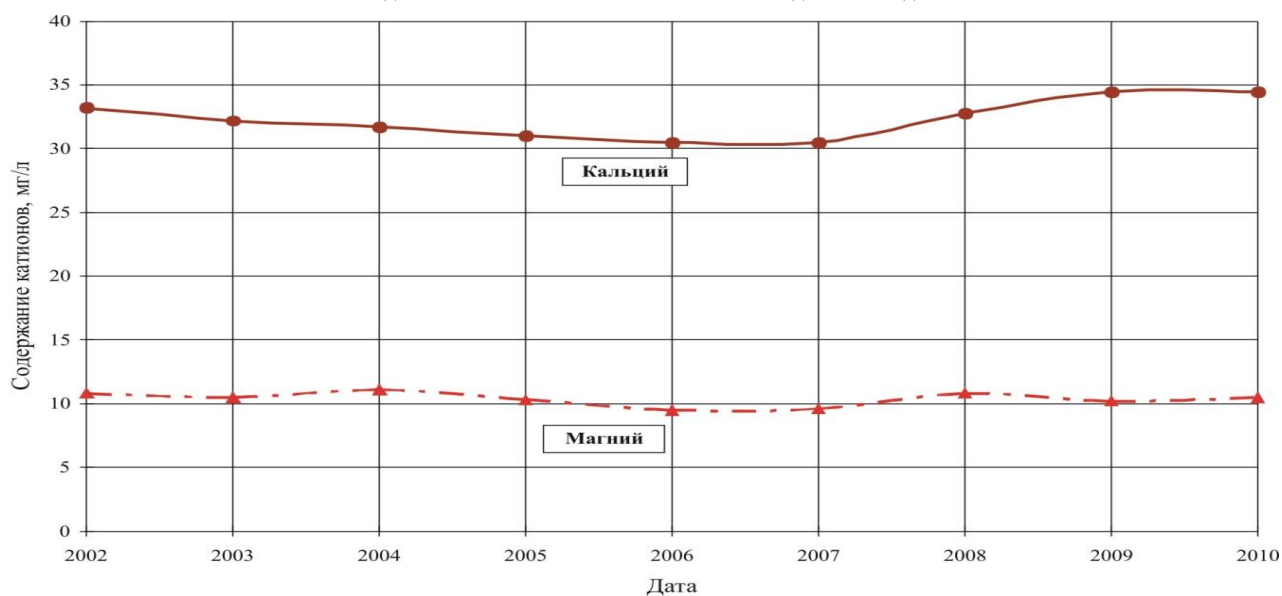


Рис.4. Межгодовая изменчивость катионного состава подземных вод по скв. 5123

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

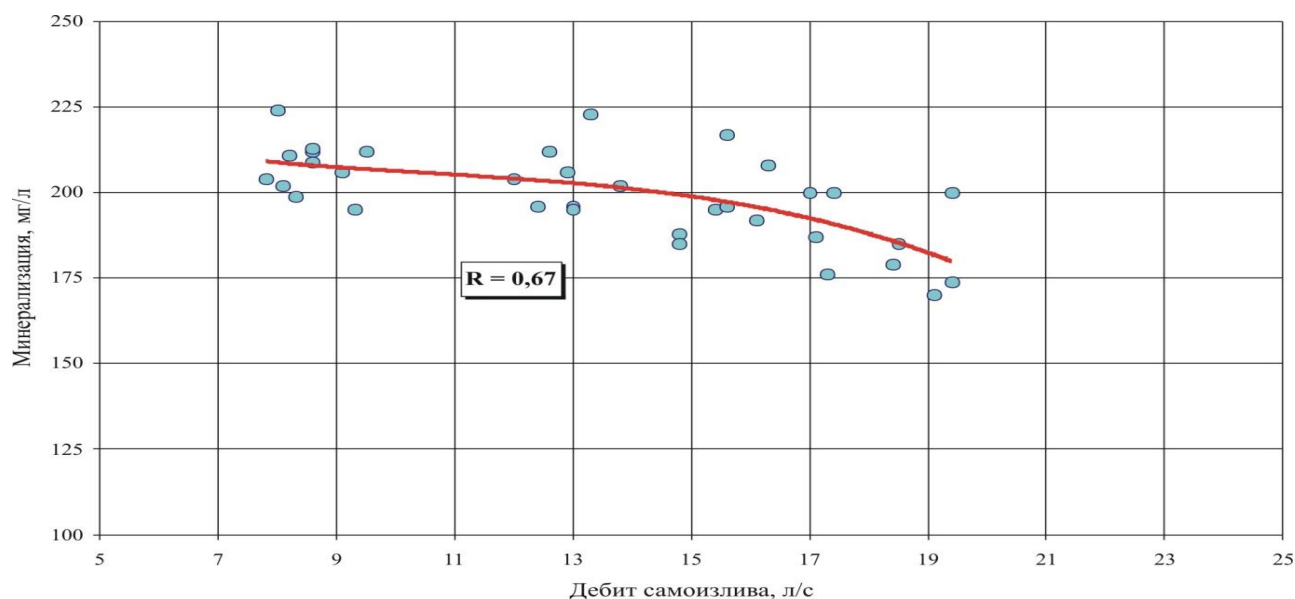


Рис.5. Корреляционная зависимость между дебитом самоизлива и минерализацией подземных вод по скв. 5123

значении – 198 мг/л. С 2002 по 2007 г. отмечено плавное и весьма незначительное уменьшение минерализации, а с 2007 по 2009 г. – её рост.

На представленных графиках видно, что наиболее существенные изменения наблюдаются в содержании гидрокарбонатов и кальция, менее существенные – сульфатов и магния. Выявленные изменения в содержании макрокомпонентов и минерализации подземных вод в многолетнем разрезе по сравнению со средними многолетними значениями позволяют утверждать о стабильности гидрогеохимического состава подземных вод юрского водоносного комплекса.

На основе анализа полученных данных (рис.5) была оценена взаимосвязь минерализации подземных вод с величиной их самоизлива из скв. 5123. Коэффициент корреляции между дебитом самоизлива и минерализацией подземных вод составил $k=0,67$. Полученное значение коэффициента корреляции свидетельствует о наличии довольно тесной корреляционной взаимосвязи между оцениваемыми параметрами.

Выводы

По данным проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В течение года отмечаются довольно существенные изменения в минерализации и макрокомпонентном составе подземных вод юрского водоносного комплекса. Минимальная величина минерализации подземных вод

отмечается осенью. Это обусловлено инфильтрацией выпадающих атмосферных осадков в летний период года и их разбавляющим эффектом. Максимальная концентрация химических элементов в воде устанавливается весной при отсутствии атмосферного питания, которому препятствует сохранившийся в это время сезонномерзлый слой. Вышеизложенный процесс сезонной изменчивости химического состава характерен для всего периода наблюдений (повторяется ежегодно). Однако имеются различия в амплитуде этих изменений в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков в летний период, времени и скорости водообмена.

2. Изменения в содержании макрокомпонентов и минерализации подземных вод в многолетнем разрезе по сравнению со средними многолетними значениями весьма незначительны, что позволяет сделать вывод о весьма стабильном гидрогеохимическом режиме. Это заключение вполне соответствует данным по источнику Улахан-Тарын в Центральной Якутии [3].

3. Выявлена довольно тесная корреляционная связь (коэффициент корреляции – 0,67) между величиной минерализации подземных вод и величиной дебита их самоизлива из скв. 5123 месторождения Еловое. Повышение дебита скважины свидетельствует об увеличении скорости водообмена и сопровождается уменьшением минерализации подземных вод.

Литература

1. Шенелёв В.В. Общая характеристика основных типов подземных вод криолитозоны. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. – С.5–17.

2. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 444 с.

3. Павлова Н.А., Колесников А.Б., Ефремов В.С. Состав межмерзлотных вод в Центральной Якутии

// Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных учёных «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С.162–165.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 551.345

Особенности динамики температуры грунтов на территории г. Якутска

И.И. Сыромятников, И.В. Дорофеев

Сравнительный анализ динамики температуры грунтов территории г. Якутска показал, что на урбанизированной части города происходит относительное понижение температуры грунтов по сравнению с температурой, прилегающей к городу местности. Высокая аварийность тепло- и водонесущих коммуникаций является основной причиной нарушения физико-химических свойств и температурных условий несущих грунтов. Исходя из этого, проведено районирование территории г. Якутска по возрасту ее освоения.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, температура грунтов, сравнительный анализ, инженерные сети, криопэги, наледи, потепление климата, геокриологический мониторинг.

A comparative analysis of the ground temperature variations in the Yakutsk area has shown that the urban part of the city has relatively lower ground temperatures compared to the adjoining areas. The high failure rate of the heat and water supply lines is the main cause for disturbances to the physical and chemical properties and temperature regime of the foundation soils. Zonation mapping of the Yakutsk area by age of its development has been made.

Key words: permafrost rocks, grounds temperature, comparative analysis, service lines, cryopegs, icings, climate warming, geocryological monitoring.

Введение

История застройки территории г. Якутска насчитывает свыше трех с половиной веков. Объекты города занимают в основном первые две низкие террасы р. Лены с абсолютными отметками 95–100 м со сложными инженерно-геологическими условиями территории. Грунты здесь представлены сильно льдистыми озерно-аллювиальными образованиями – песками и суглинками мощностью до 20–22 м. На протяжении длительного времени город застраивался деревянными зданиями. Интенсивная каменная застройка началась только с середины прошлого века. Строительство многоэтажных каменных домов ведется на сваях по 1-му принципу, т.е. с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Длительный

опыт строительства по данному принципу в целом доказывает правильность такого подхода.

Массовые измерения температуры грунтов на территории г. Якутска впервые были проведены в середине прошлого века, т.е. когда основная часть города была еще деревянной [1–3]. Они показали, что на территории города произошло понижение температуры грунтов по сравнению с температурой на прилегающей к городу местности.

Целью данной работы являлось изучение динамики температуры многолетнемерзлых пород (ММП) на территории г. Якутска.

Методика исследований

Потепление климата, массовая застройка кварталов г. Якутска каменными зданиями и появление разных деформаций на зданиях потребовали постоянного слежения за температурным режимом мерзлых грунтов [4].

В 2009–2011 гг. Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН была создана система скважинного геокриологического мониторинга на территории восьми административных

СЫРОМЯТНИКОВ Игорь Иннокентьевич – м.н.с. Института мерзлотоведения СО РАН, syromyatnikov@mpi.usn.ru; ДОРОФЕЕВ Иван Васильевич – ведущий инженер Института мерзлотоведения СО РАН, dorofee-ivan@yandex.ru.