

Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

УДК 551.345:556.3

DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-3-7

О специфических мерзлотно-гидрогеологических условиях района трубки «Мир»

В.В. Шепелёв, М.Н. Железняк, Н.А. Павлова

*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия,
sheply@mpi.ysn.ru*

Аннотация. На основе комплексного анализа мерзлотно-гидрогеологических условий Западной Якутии выявлены их специфические особенности в районе месторождения алмазов трубки «Мир». Рассмотрено геокриологическое строение территории. Отмечено наличие аномально мощной двухъярусной криолитозоны, состоящей в верхней части из многолетнемерзлых пород с локальными линзами криопэггов, в нижней – из охлажденных пород, насыщенных отрицательно-температурными рассолами. Приведена краткая характеристика подмерзлотных водоносных горизонтов, представляющих особую опасность при разработке месторождения. В качестве факторов, осложняющих проведение водопонижительных работ, отмечены интенсивная дегазация подмерзлотных рассолов и формирование локальных депрессий пьезометрического уровня вокруг скважин. Обращено внимание на формирование вокруг карьера зоны вторичной трещиноватости горных пород. Образование этой ослабленной зоны, наряду с повышенной растворяющей способностью дренажных вод, содействует образованию подземных каналов и полостей в породах водоносного комплекса и росту водопритоков в горные выработки. Отмечена перспективность использования подмерзлотных рассолов в бальнеологических целях и в качестве гидроминерального сырья. Предложены мероприятия для эффективного разрешения гидрогеологических проблем рудника и дальнейшей его успешной разработки.

Ключевые слова: месторождение алмазов, рудник «Мир», мерзлотно-гидрогеологические условия, зона трещиноватости, подмерзлотные рассолы, бальнеологические свойства, гидроминеральное сырье.

DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-3-7

The permafrost hydrogeology in the Mir diamond pipe area

V.V. Shepelev, M.N. Zhelezniak, N.A. Pavlova

*P.I. Melnikov Permafrost institute SB RAS, Yakutsk, Russia,
sheply@mpi.ysn.ru*

Abstract. This study presents unique permafrost and groundwater conditions in the Mir diamond pipe area, based on comprehensive analysis of the hydrogeology of western Yakutia. Permafrost in this area is anomalously thick and has a two-layered structure. The upper layer is perennially frozen ground containing local cryopeg lenses, while the lower layer is cryotic ground saturated with brines that have temperatures below 0°C. Subpermafrost aquifers which pose the most serious hazards for mining operations are briefly described. Mine dewatering is shown to be complicated by intensive degassing of subpermafrost brines, as well as by the formation of local cones of piezometric surface depression around the wells. Attention is drawn to the development of a zone of secondary rock fissuring around the mine. This process, along with the high dissolving capacity of drainage water, promotes the formation of underground channels and caves and thus the increased water flow into the mine. It is noted that subpermafrost brines hold promise for balneological and mineral extraction purposes. Measures are proposed to efficiently solve the groundwater-related problems in the Mir mine for its further development.

Key words: diamond mine, Mir diamond pipe, geocryological and hydrogeological conditions, fractured zone, subpermafrost brines, balneological properties, hydromineral resources.

Введение

В пределах Якутской алмазоносной провинции за 70-летнюю историю ее изучения выявлено сотни кимберлитовых трубок и дайкоподобных тел [1]. Разработка обнаруженных коренных месторождений алмазов происходила в основном открытым способом. Одной из основных проблем, которая возникла при производстве подготовительных и добычных работ, стала высокая обводненность горных выработок отрицательно-температурными рассолами из подмерзлотных высоконапорных водоносных комплексов [3–5]. Не является исключением и алмазоносная трубка «Мир». Это месторождение было открыто в 1955 г. С 1957 до 2001 г. здесь велась открытая добыча алмазов. К 2001 г. глубина карьера достигала 525 м, а диаметр – 1,2 км по дневной поверхности. При отработке карьера были вскрыты породы метегеро-ичерского водоносного комплекса, водоприток из которого превышал 1200 м³/ч [6]. Для возможности дальнейшей разработки месторождения подземным способом были созданы тампонажная завеса, предотвращавшая поступление агрессивных рассолов в горную выработку, система водоотлива с обратной закачкой дренажных вод [7, 8]. В 2009–2017 гг. разработка месторождения велась подземным способом. В августе 2017 г. произошла серьезная техногенная авария – затопление рудника «Мир» подземными водами метегеро-ичерского водоносного комплекса, накопившимися в карьере. Причины произошедшей аварии оценены в экспертных заключениях специалистов и в выводах Государственной комиссии. Практически во всех заключениях отмечаются сложные горно-технические и гидрогеологические условия на месторождении.

Цель данной работы – акцентировать внимание на специфических мерзлотно-гидрогеологических условиях района трубки «Мир» при решении проблем, возникающих при отработке подобных месторождений.

Общая характеристика геокриологических и гидрогеологических условий района трубки «Мир»

Рассматриваемый район входит в северную геокриологическую зону и отличается наличием мощной низкотемпературной зоны горных пород, температура которых на глубине 2 км не превышает 4–8 °С, а градиент в области поло-

жительных температур составляет в среднем 0,4 °С/100 м [9]. Одна из основных причин существования подобной низкотемпературной зоны – аномально малая величина внутриземного теплового потока, составляющая в районе трубки «Мир» около 8–13 мВт/м² [10]. Среднее же ее значение для платформенных структур Якутии 35–55 мВт/м² [11].

В условиях слабоградиентного и низкотемпературного поля горных пород в рассматриваемом районе была сформирована аномально мощная двухъярусная криолитозона. Верхний ее ярус представлен многолетнемерзлыми породами, мощностью около 300 м. Нижний ярус, мощность которого составляет порядка 480–500 м, представлен охлажденными ниже 0 °С горными породами, насыщенными отрицательно-температурными рассолами (криопэггами). Таким образом, общая мощность криолитозоны в районе трубки «Мир» составляет 780–800 м.

Динамика мощной регионально распространенной криолитозоны и, особенно, верхнего ее яруса, наложенная на сложный геоструктурный фон, способствовала существенной трансформации как гидрогеодинамических, так и гидрогеохимических условий глубоко промороженных гидрогеологических структур. В рассматриваемом районе подобной структурой является значительный по площади Верхневилуйский артезианский бассейн второго порядка. Пояс пресных вод этого бассейна полностью проморожен, поэтому он отнесен к типу криоартезианских структур [12].

Подземные воды с минерализацией менее 1 г/дм³ развиты лишь в пределах сезонно-талого слоя и в несквозных гидрогенных таликах. Надмерзлотные воды сезонно-талого слоя существуют в теплый период года. Их режим непостоянен и зависит от количества выпадающих атмосферных осадков. Мощность надмерзлотных вод сезонно-талого слоя в отдельные годы достигает 2,5 м [13]. Воды подрусловых и подозерных таликов распространены локально под крупными реками и озерами. Мощность надмерзлотных водоносных горизонтов изменяется от 3–12 до 30 м и более. Локально в таликовые зоны разгружаются меж- и подмерзлотные воды.

Межмерзлотные воды в районе трубки «Мир» залегают в виде изолированных линз в отложениях мирнинской и холомолохской свит верхнего и среднего кембрия [5]. При вскрытии межмерзлотные воды формируют источники с деби-

тами 0,1–0,2 л/с. Их минерализация изменяется от 2–5 до 32 г/дм³. Запасы этих вод быстро срабатываются.

Под толщей многолетнемерзлых пород выделено три водоносных комплекса: надсолевой, межсолевой и подсолевой [4, 5, 13, 14]. Основным водоносным комплексом, существенно осложняющим отработку месторождения трубки «Мир», является высоконапорный надсолевой метегеро-ичерский комплекс, обладающий плановой и вертикальной неоднородностью фильтрационных свойств пород, высокой минерализацией (от 90 до 320 г/дм³) и значительными ресурса-

ми. При вскрытии данного водоносного комплекса водопритоки в карьер трубки «Мир» достигали 1500 м³/ч.

Ниже метегеро-ичерского водоносного комплекса залегают слабопроницаемые карбонатные отложения чарской и олекминской свит нижнего кембрия. Коллекторы представлены трещиноватыми и кавернозными доломитами и аргиллитами. Содержащиеся в них рассолы хлоридного кальциевого состава с минерализацией около 480 г/дм³ обогащены бромом и калием, также зафиксированы газопроявления и пленки нефти [5].

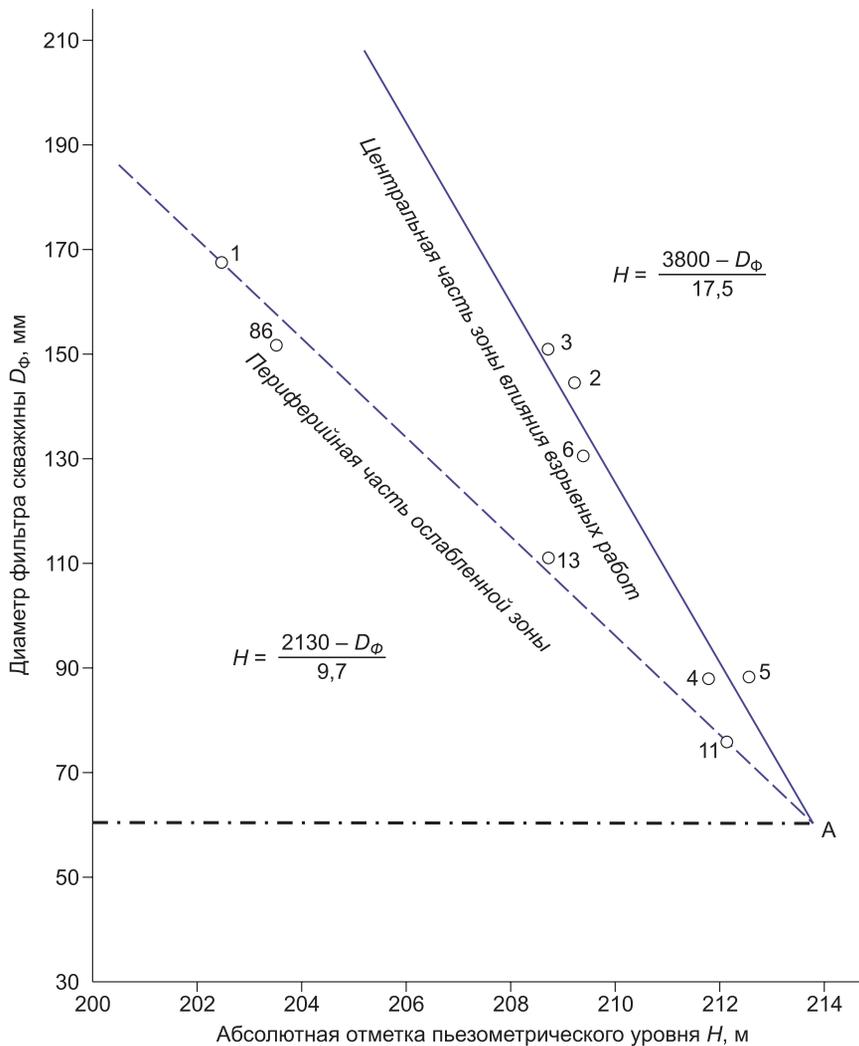


Рис. 1. Зависимость положения пьезометрической поверхности подземных вод метегеро-ичерского водоносного комплекса (H , м) в районе трубки «Мир» от диаметра вскрывших его гидрогеологических скважин (D_{ϕ} , мм).

Fig. 1. Relationship between the piezometric groundwater surface in the Meteger-Ichera Aquifer System (H , m) and the diameter of hydrogeological wells (D_{ϕ} , mm), Mir Pipe area.

Специфические мерзлотно-гидрогеологические особенности месторождения

Для района трубки «Мир» можно выделить следующие главные мерзлотно-гидрогеологические особенности.

1. Высокая газонасыщенность подземных рассолов. Состав растворенных газов преимущественно углеводородно-азотный. Спецификой метеоро-ичерского водоносного комплекса является присутствие сероводорода, содержание которого в подземных рассолах достигает 120–170 мг/дм³. При вскрытии скважинами таких высоконапорных и газонасыщенных подземных вод происходит интенсивная их дегазация за счет снижения

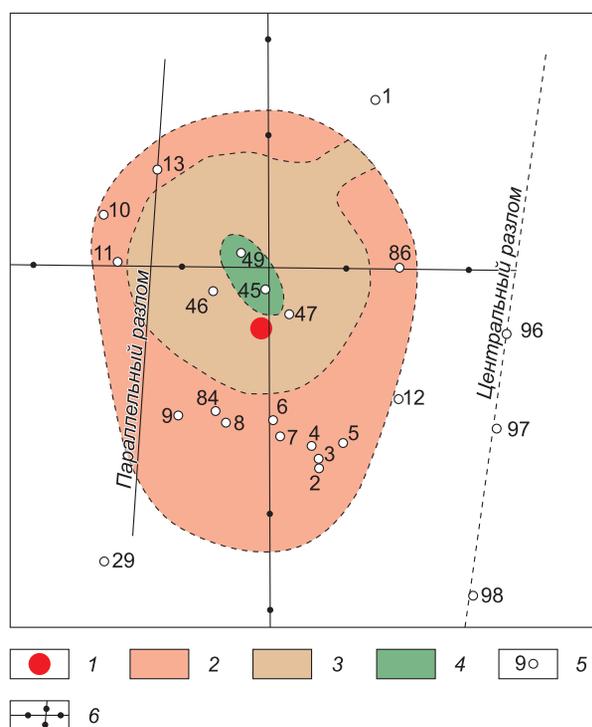


Рис. 2. Схема расположения зоны влияния взрывных работ в районе трубки «Мир» после 20-летнего периода эксплуатации месторождения.

1 – эпицентр взрывных работ в карьере; 2 – вмещающие карьер породы, подверженные влиянию взрывных вскрышных работ; 3 – карьер и его верхняя граница; 4 – рудное тело; 5 – пробуренные гидрогеологические скважины и их номера; 6 – рекомендуемая схема заложения дополнительных гидрогеологических скважин

Fig. 2. Location of the zone of influence of blasting in the Mir Pipe area after 20 years of mining operations.

1 – epicenter of blasting in the open pit; 2 – enclosing rocks affected by blasting; 3 – open pit and its upper boundary; 4 – ore body; 5 – hydrogeological wells and numbers; 6 – recommended scheme for drilling additional hydrogeological wells

парциального давления газов. В результате этого вокруг скважин образуются локальные депрессии пьезометрического уровня. Глубина и радиус подобных депрессий определяется площадью вскрытия напорного водоносного пласта, т. е. диаметром скважины (рис. 1). Данную специфическую особенность следует иметь в виду при организации гидрогеологической мониторинговой сети и при прогнозировании водопритоков в горные выработки.

2. Формирование вокруг карьера зоны вторичной трещиноватости горных пород, образованной в результате проведения вскрышных работ в течение почти 45 лет. Радиус ослабленной зоны горных пород, определенный нами по значениям удельного дебита гидрогеологических скважин только за 20 первых лет эксплуатации месторождения трубки «Мир», составил более 1 км (рис. 2 и 3). Повышение трещиноватости водоносных пород способствует росту водопритоков в горные выработки и локализации путей движения подземных вод.

3. Существенной специфической гидрогеологической особенностью района трубки «Мир» является внедрение в 1988 г. системы обратной закачки дренажных рассолов, получаемых при осушении горных выработок, вновь в метеоро-

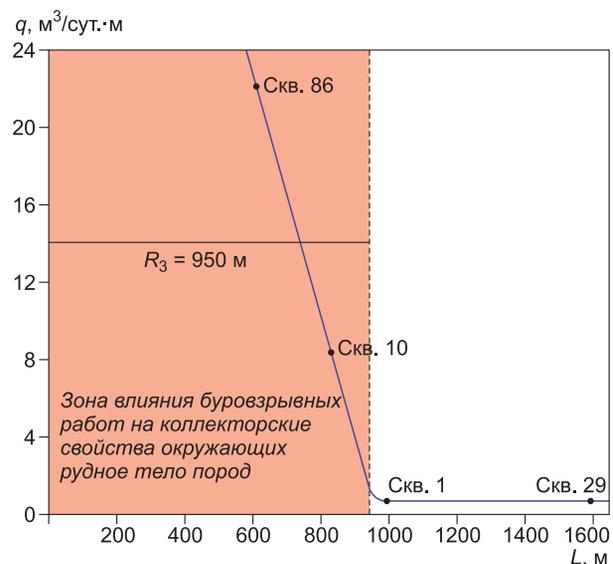


Рис. 3. Зависимость удельного дебита скважин (q , м³/сут·м) расположенных вне зоны разлома, от удаленности их от эпицентра взрывных работ (L , м) в карьере трубки «Мир».

Fig. 3. Relationship between the discharge rates (q , м³/day·m) of wells located outside the fault zone and the distance from the epicenter of blasting (L , m) in the Mir open pit.

ичерский водоносный комплекс в районе Восточного разлома. С созданием оборотного цикла подземного водообмена дренажных вод скорость движения последних на участке осушаемых горных выработок может достигать весьма больших величин, в связи с высокими значениями градиентов пьезометрического уровня. Данное обстоятельство, а также повышенная растворяющая способность ненасыщенных дренажных вод, разубоженных жидкими атмосферными осадками, талыми снеговыми водами и надмерзлотными водами сезонно-талого слоя, поступающими в карьер трубки «Мир» и в поверхностные их накопители, могут вызвать образование подземных каналов и полостей в породах водоносного комплекса.

4. Подземные рассолы метегеро-ичерского водоносного комплекса обладают ценными бальнеологическими свойствами. В результате специальных многолетних исследований, проведенных в начале 80-х годов XX в. сотрудниками Медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова совместно с Томским НИИ курортологии и терапии, были разработаны рекомендации по применению подземных рассолов метегеро-ичерского водоносного комплекса для лечения хронического гастрита, язвенной болезни желудка, болезней

печени, желчного пузыря, желчевыводящих путей, сердечной и почечной недостаточности [15, 16]. Был организован розлив минеральной лечебно-столовой воды «Мирнинская» и начато применение этой воды в санатории-профилактории «Горняк» (г. Мирный). Однако, в связи с запуском на руднике «Мир» системы обратной закачки дренажных вод в метегеро-ичерский водоносный комплекс, использование подземных вод этого комплекса в бальнеологических целях было прекращено.

5. Хлоридно-кальциевые рассолы, приуроченные к отложениям чарской и олекминской свит, содержат в больших количествах бром – более 4 г/дм^3 (кондиционное содержание 250 мг/дм^3) и калий – более 6 г/дм^3 (кондиционное содержание 350 мг/дм^3), что позволяет рассматривать эти подземные воды как вид минерального сырья. При прогнозных водопритоках из пластов в горные выработки $60 \text{ м}^3/\text{сут}$ вынос, например, брома подземными водами оценивается около 240 кг/сут , или $87,6 \text{ т/год}$, а калия – 360 кг/сут , или $131,4 \text{ т/год}$ [17].

Заключение

Для успешной разработки месторождения восстановительные работы на руднике «Мир» следует вести с обязательным учетом указанных и

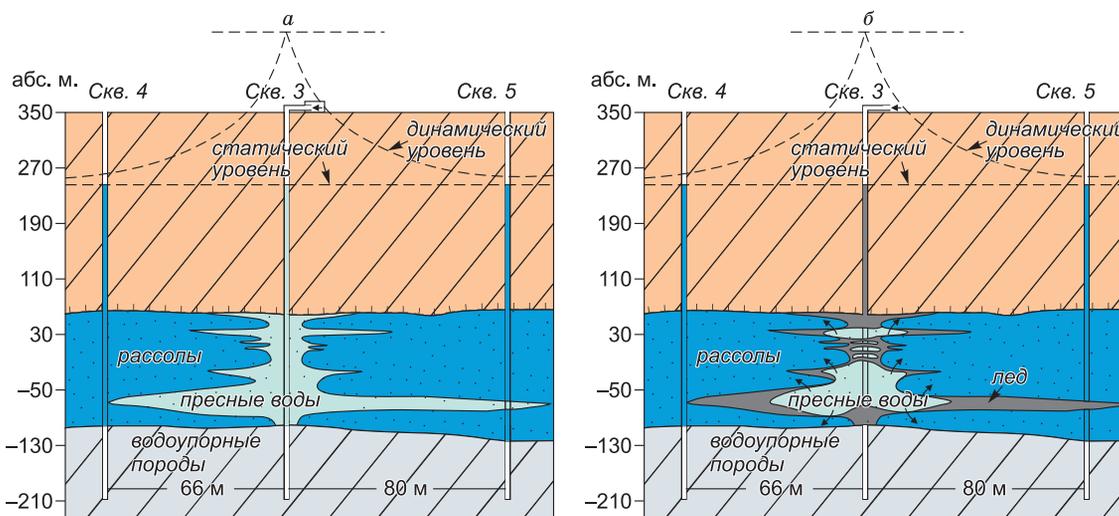


Рис. 4. Схема распространения пресных вод, нагнетаемых в метегеро-ичерский водоносный комплекс (а) и схема расположения фронта льдообразования на опытном участке в районе трубки «Мир» после четырехмесячной выстойки пресных вод, закачанных в отрицательно температурный пласт (б) [18].

Fig. 4. Schematic diagrams showing (а) distribution of freshwater injected into the Meteger-Ichera Aquifer System and (б) position of the ice segregation front at a test site near the Mir Pipe after 4 months of freshwater injection into the sub-zero temperature layer [18].

других специфических мерзлотно-гидрогеологических особенностей. Прежде всего, на наш взгляд, необходимо рассмотреть возможность реализации следующих мероприятий.

1. Вернуться к системе осушения рудника водопонижающими скважинами, но перехватывающими водопритоки как из метегеро-ичерского, так и из нижележащих водоносных комплексов.

2. Для предупреждения разубоживания откачиваемых дренажных рассолов атмосферными осадками, талыми снеговыми водами и надмерзлотными водами сезонно-талого слоя следует исключить связь водопонижающих скважин с поглощающими через поверхностные накопители, т. е. соединить эти скважины рассоловодами. При этом последние необходимо тщательно теплоизолировать для предотвращения нарушения теплового равновесия пород в водоносном комплексе.

3. Карьер трубки «Мир» следует подготовить для сухой консервации и откачки из него талых снеговых вод, жидких атмосферных осадков и надмерзлотных вод. Откачиваемые из карьера воды должны проходить отдельную обязательную очистку и использоваться для технического водоснабжения г. Мирный.

4. Следует разработать способы использования колоссальных криогенных ресурсов, содержащихся в криолитозоне региона. Можно, например, вернуться к предложению Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН о создании ледопородных фильтрационных завес. В свое время институтом по этой теме были проведены производственно-экспериментальные, лабораторные и теоретические работы, которые дали обнадеживающие результаты [7, 18] (рис. 4).

5. Более обстоятельно изучить подсолевой водоносный комплекс и, в частности, оценить его приемистость для закачки дренажных рассолов при осушении рудников «Мир» и «Интернациональная».

6. Создать научнообоснованную систему мерзлотно-гидрогеологического мониторинга в районе трубки «Мир» и на других рудниках компании «АЛРОСА».

7. Вернуться к вопросу об использовании подземных рассолов метегеро-ичерского водоносного комплекса в бальнеологических целях с созданием для этой цели специальной эксплуатационной скважины вне зоны влияния рудни-

ков «Мир» и «Интернациональная». Обратиться к руководству Медицинского института СВФУ для продолжения работ по изучению лечебных свойств минеральной воды «Мирнинская», способов и режимов ее использования для лечения и профилактики различных болезней.

8. Оценить возможность организации добычи редких элементов из подземных водоносных комплексов района трубки «Мир» с привлечением технологов и экономистов.

Литература

1. *Иудин М.М.* Вскрытие кимберлитовых месторождений Якутии: опыт и проблемы // Наука и образование. 2008. № 1. С. 3–6.
2. *Юзмухаметов Р.Н.* Из истории становления Амаинской экспедиции – главной «алмазной» экспедиции СССР // Наука и образование. 2010. № 3. С. 46–50
3. *Климовский И.В., Готовцев С.П.* Криолитозона Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Наука, 1994. 167 с.
4. *Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В.* Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. 507 с.
5. *Алексеев С.В.* Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2009. 319 с.
6. *Акишев А.Н., Герасимов Е.Н., Зырянов И.В., Корovenков А.А., Кульминский А.С., Лобанов В.В., Тишков М.В.* О возобновлении добычных работ на месторождении трубки «Мир» // Всероссийская конференция «Опыт и практические шаги по восстановлению горнодобывающего предприятия после аварии»: сборник статей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. С. 6–15.
7. *Климовский И.В., Готовцев С.П., Шепелев В.В.* Гидрогеокриологические условия полигона подземного захоронения дренажных вод трубки «Удачная» // Криосфера Земли. 2004. № 3. С. 45–50.
8. *Дроздов А.В.* Захоронение дренажных рассолов в многолетнемерзлых породах (на примере криолитозоны Сибирской платформы). Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2007. 296 с.
9. *Балобаев В.Т., Девяткин В.Н.* Мерзлотно-геотермические условия Западной Якутии // Теплофизические исследования криолитозоны Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. С. 22–34.
10. *Девяткин В.Н.* Результаты определения глубинного теплового потока на территории Якутии // Региональные и тематические геокриологические исследования. Новосибирск: Наука, 1975. С. 148–150.
11. *Железняк М.Н.* Геотемпературное поле и криолитозона юго-востока Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 2005. 227 с.

12. Шепелев В.В., Толстихин О.Н. и др. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. 191 с.

13. Дроздов А.В. Природные и техноприродные резервуары промышленных стоков в криолитозоне (на примере Якутской части Сибирской платформы) (науч. ред. В.В. Шепелев). Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. 416 с.

14. Pinneker E.V., Alexeev S.V., Alexeeva L.P. Hydrogeology and Hydrogeochemistry of permafrost zone of Daldyn-Alakit region (Western Yakutia) // 30 Arctic Workshop – Colorado – USA, 2000. P. 134–136.

15. Безродных А.А., Емельянова Э.А., Сафонова С.Л. Минеральная вода Мирнинская как природный лечебный фактор комплексной терапии при хронических гастритах в условиях Севера. Якутск: ЯГУ, 1992. 71 с.

16. Емельянова Э.А., Сафонова С.Л. Минеральная вода «Мирнинская» как природный лечебный фактор комплексной терапии при заболеваниях органов пищеварения в условиях Севера. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2002. 124 с.

17. Алексеев С.В., Вахромеев А.Г., Алексеева Л.П., Коцупало Н.П., Рябцев А.Д. Промышленные рассолы Сибирской платформы (гидрогеология и переработка) // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXI Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2015. С. 10–19.

18. Шепелев В.В., Губанов Б.А., Федоров А.М. Заемещение газонасыщенных рассолов нагнетаемыми пресными водами и их замораживание как возможный способ защиты горных выработок от притока воды и газа. Якутск: Фонды Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 1978. 242 с.

References

1. Iudin M.M. Vskrytiye kimberlitovykh mestorozhdeniy Yakutii: opyt i problemy // Nauka i Obrazovaniye. 2008. N 1. P. 3–6.

2. Yuzmukhametov R.N. Iz istorii stanovleniya Amalinskoy ekspeditsii – glavnoy «almaznoy» ekspeditsii SSSR // Nauka i obrazovaniye. 2010. N 3. P. 46–50

3. Klimovskiy I.V., Gotovtsev S.P. Kriolitizona Yakutskoy alamazonosnoy provintsii. Novosibirsk: Nauka, 1994. 167 p.

4. Drozdov A.V., Iost N.A., Lobanov V.V. Kriogidrogeologiya almaznykh mestorozhdeniy Zapadnoy Yakutii. Irkutsk: Izd-vo IGTU, 2008. 507 p.

5. Alexeev S.V. Kriogidrogeologicheskiye sistemy Yakutskoy alamazonosnoy provintsii. Novosibirsk: Akademicheskoye izd-vo «GEO», 2009. 319 p.

6. Akishev A.N., Gerasimov Ye.N., Zyryanov I.V., Korovenkov A.A., Kulminskiy A.S., Lobanov V.V., Tishkov M.V. O vobnovlenii dobychnykh rabot na mestorozhdenii trubki «Mir» // Vserossiyskaya konferentsiya «Opyt i prakticheskiye shagi po vosstanovleniyu gornodobyvayushchego predpriyatiya posle avarii»: sbornik statey. Moskva: Izd-tvo MGTU im. N. E. Baumana, 2018. P. 6–15.

7. Klimovskiy I.V., Gotovtsev S.P., Shepelev V.V. Gidrogeokriologicheskiye usloviya poligona podzemnogo zakhoroneniya drenaznykh vod trubki «Udachnaya» // Kriosfera Zemli. 2004. N 3. P. 45–50.

8. Drozdov A.V. Zakhoroneniye drenaznykh rassolov v mnogoletnemerzlykh porodakh (na primere kriolitozony Sibirskoy platformy). Irkutsk: Izd-vo IGTU, 2007. 296 p.

9. Balobayev V.T., Devyatkin V.N. Merzlotno-geotermicheskiye usloviya Zapadnoy Yakutii // Teplofizicheskiye issledovaniya kriolitozony Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1983. P. 22–34.

10. Devyatkin V.N. Rezultaty opredeleniya glubinnogo teplovogo potoka na territorii Yakutii // Regionalnyye i tematicheskiye geokriologicheskiye issledovaniya. Novosibirsk: Nauka, 1975. P. 148–150.

11. Zhelezniak M.N. Geotemperaturnoye pole i kriolitizona yugo-vostoka Sibirskoy platformy. Novosibirsk: Nauka, 2005. 227 p.

12. Shepelev V.V., Tolstikhin O.N. i dr. Merzlotno-gidrogeologicheskiye usloviya Vostochnoy Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1984. 191 p.

13. Drozdov A.V. Prirodnyye i tekhnoprirodnyye rezervuary promyshlennykh stokov v kriolitozone (na primere Yakutskoy chasti Sibirskoy platformy). Yakutsk: Izdatel'sko-poligraficheskiy kompleks SVFU, 2011. 416 p.

14. Pinneker E.V., Alexeev S.V., Alexeeva L.P. Hydrogeology and Hydrogeochemistry of permafrost zone of Daldyn-Alakit region (Western Yakutia) // 30 Arctic Workshop – Colorado – USA, 2000. P. 134–136.

15. Bezrodnykh A.A., Yemelyanova E.A., Safronova S.L. Mineralnaya voda Mirninskaya kak prirodnyy lechebnyy faktor kompleksnoy terapii pri khronicheskikh gastritakh v usloviyakh Severa. Yakutsk: YAGU, 1992. 71 p.

16. Yemelyanova E.A., Safronova S.L. Mineralnaya voda «Mirninskaya» kak prirodnyy lechebnyy faktor kompleksnoy terapii pri zabolevaniyakh organov pishchevareniya v usloviyakh Severa. Yakutsk: YAF Izd-va SO RAN, 2002. 124 p.

17. Alexeev S.V., Vakhromeyev A.G., Alexeeva L.P., Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D. Promyshlennyye rassoly Sibirskoy platformy (gidrogeologiya i pererabotka) // Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XXI Soveshchaniye po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka s mezhdunarodnym uchastiyem). Yakutsk: Izd-vo Instituta

merzlotovedeniya im. P.I. Mel'nikova SO RAN, 2015. P. 10–19.

18. *Shepelev V.V., Gubanov B.A., Fedorov A.M.* Zameshcheniye gazonasyshchennykh rassolov nagnetayе-

mymi presnymi vodami i ikh zamorazhivaniye kak vozmozhnyy sposob zashchity gornyx vyrabotok ot pritoka vody i gaza. Yakutsk: Fondy Instituta merzlotovedeniya im. P.I. Melnikova SO RAN, 1978. 242 p.

Поступила в редакцию 14.05.2019

Принята к публикации 16.08.2019

About the authors

SHEPELEV Viktor Vasilyevich, doctor of geological and mineralogical sciences, Professor, Academician of Academy of Sciences of Republic of Sakha (Yakutia), Principal Researcher, P.I. Melnikov Permafrost institute SB RAS, 36 Merzlotnaya Str., Yakutsk, 677010, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3434-6969>, sheply@mpi.ysn.ru;

ZHELEZNIAK Mikhail Nikolayevich, doctor of geological and mineralogical sciences, Director, P.I. Melnikov Permafrost institute SB RAS, 36 Merzlotnaya Str., Yakutsk, 677010, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-4124-6579>, fe@mpi.ysn.ru;

PAVLOVA Nadezhda Anatolyevna, candidate of geological and mineralogical sciences, Leading Researcher, P.I. Melnikov Permafrost institute SB RAS, 36 Merzlotnaya Str., Yakutsk, 677010, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-5473-7778>, pavlova@mpi.ysn.ru.

Citation

Shepelev V.V., Zhelezniak M.N., Pavlova N.A. The permafrost hydrogeology in the “Mir” diamond pipe area // Arctic and Subarctic natural resources. 2019; V. 24, N 3. pp. 80–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-7>

Об авторах

ШЕПЕЛЁВ Виктор Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Академии наук Республики Саха (Якутия), главный научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск. ул. Мерзлотная, 36, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-3434-6969>, sheply@mpi.ysn.ru;

ЖЕЛЕЗНЯК Михаил Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, директор, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск. ул. Мерзлотная, 36, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-4124-6579>, fe@mpi.ysn.ru;

ПАВЛОВА Надежда Анатольевна, кандидат геолого-минералогических наук, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, ведущий научный сотрудник, 677010, г. Якутск. ул. Мерзлотная, 36, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-5473-7778>, pavlova@mpi.ysn.ru.

Информация для цитирования

Шепелёв В.В., Железняк М.Н., Павлова Н.А. О специфических мерзлотно-гидрогеологических условиях района трубки «Мир» // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2019. Т. 24, № 3. С. 80–87. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-3-7>