

Влияние аварийных утечек воды на температурный режим грунтов оснований зданий Якутской ТЭЦ

П.С. Заболотник

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

Рассмотрены последствия воздействия аварийных утечек горячих производственных вод на температуру грунтов оснований зданий Якутской ТЭЦ. Установлено, что растепление многолетнемёрзлых пород может достигать глубины более 15 м. Зафиксировано, что температура грунтов оснований зданий ЯТЭЦ в отдельные сроки возрастала до 36°C. Движение воды концентрируется в местах, где грунты уже были тальми из-за предыдущих утечек. Даже краткосрочные утечки приводят к значительному увеличению объёма таликов, а для восстановления мёрзлого состояния грунтов требуются многие годы.

Ключевые слова: многолетнемёрзлые породы, талики, температура грунтов, утечки горячих производственных вод.

This study examines the influence of hot process water leaks on ground temperatures beneath the buildings of the Yakutsk Combined Heat and Power Plant. The warming effect of leaks has been found to extend down to 15 m or more into the permafrost. At times, measurements detected a rise of ground temperatures up to 36°C. Water movement tends to concentrate in areas where the soils have already thawed due to previous leakage incidents. Even short leaks result in a significant increase in talik volume, while restoration of the frozen grounds will take many years.

Key words: permafrost, taliks, ground temperature, hot process water leaks.

Введение

При эксплуатации отапливаемых зданий в условиях криолитозоны рано или поздно случаются аварийные утечки из водоподводящих инженерных коммуникаций. Аварии случаются крупные, с большим сбросом воды в грунт, и мелкие, не всегда заметные. Естественно, что крупные аварии достаточно быстро ликвидируются. Мелкие же утечки воды из водонесущих коммуникаций обычно продолжаются достаточно долго. Именно по этой причине влияние их на температурный режим грунтов также носит негативный характер. Даже в местах отсутствия многолетнемёрзлых пород утечки из водонесущих коммуникаций могут приводить к весьма опасным последствиям [1, 2]. В криолитозоне их влияние часто является катастрофическим [3, 4]. При краткосрочном воздействии горячей воды на грунты, слагающие основания зданий, происходит изменение их состояния с мёрзлого на талое, что вызывает снижение несущей способности грунтов. В последующем при устранении аварийной утечки воды происходят постепенная нормализация нарушенного

температурного поля и промерзание оттаявших грунтов. Однако это медленный процесс, при котором развиваются деформации пучения в промерзающих в условиях закрытой системы водонасыщенных грунтах.

При проведении режимных термометрических наблюдений на территории Якутской тепловой электроцентрали (ЯТЭЦ) нами было зафиксировано несколько различных утечек горячих производственных вод в грунты оснований зданий и на непосредственно примыкающих к ним участках.

Результаты и обсуждение

Самая крупная утечка воды с максимальным увеличением температуры грунтов была зафиксирована на участке скв. 35 в 2011 г. Эта скважина расположена в 5 м от северо-восточной стены здания водогрейных котлов ЯТЭЦ. Она была пробурена 19 августа 2005 г. и вскрыла до глубины 14 м песок средний, талый с примесью гальки и прослоями суглинка. Ниже пески были мёрзлыми с массивным криогенным сложением (рис. 1). Уровень подземных вод в скважине на момент бурения был зафиксирован на глубине 13 м от дневной поверхности. Скважина была обсажена до глубины 16 м, и с 2008 по 2013 г. в ней ежемесячно сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН

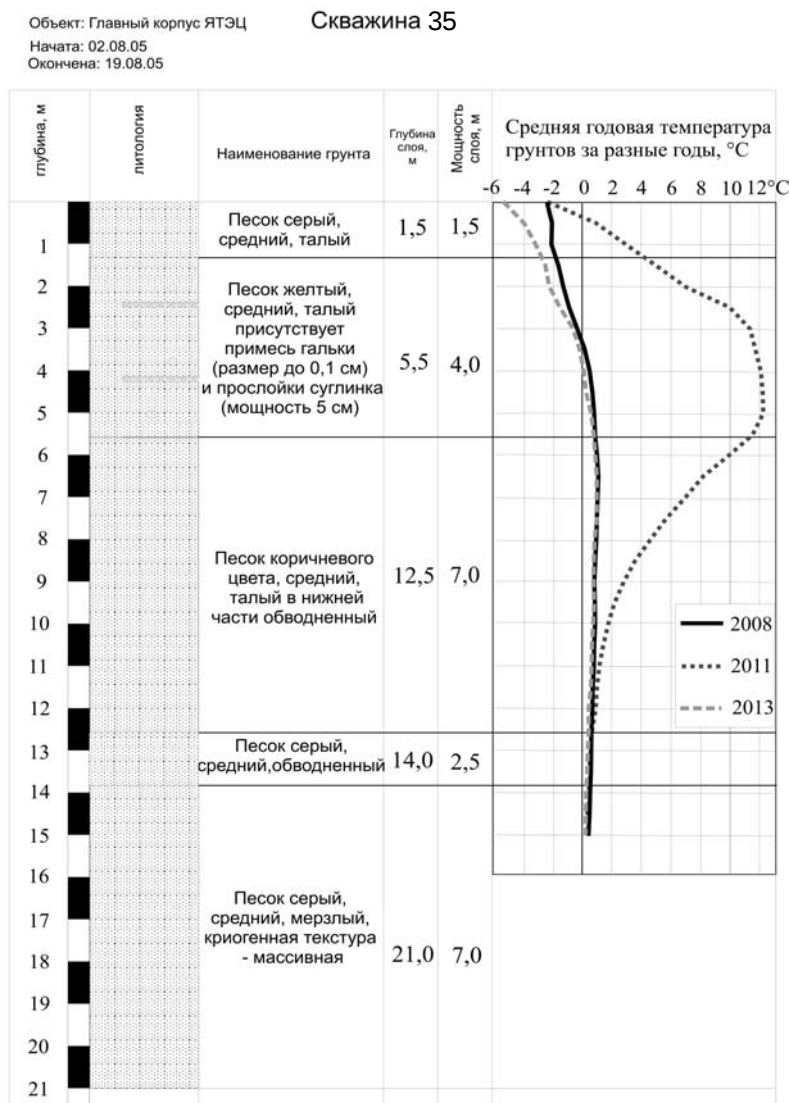


Рис. 1. Мерзлотно-литологический разрез по скв. 35

проводились измерения температуры до глубины 15,5 м.

Анализ измерений температуры в скв. 35 показывает, что в зимнее время происходило постепенное промерзание грунтов: от глубины 3,8 м в 2008 г. до 4,5 м в 2010 г. Сезонное протаивание в эти годы составляло около 2,5 м.

Резкое повышение температуры в скважине было зафиксировано 29 марта 2011 г. (рис. 2, а). В интервале от 3 до 5,5 м температура грунтов повысилась до 34,3–35,8°C. Несмотря на то, что авария была ликвидирована в короткие сроки, восстановление температурного режима грунтов происходило очень медленно. За первый месяц температура грунтов изменилась всего на 8°C и в месте максимального прогрева составляла около 27°C. К августу 2011 г. температура грунтов по-

низилась до 10°C. В последующем скорость понижения температуры грунтов в этой скважине заметно снизилась. Только через 2,5 года температура грунтов восстановилась до значений, близких к до аварийным (рис. 2, б).

В результате инфильтрации аварийных горячих вод на участке скв. 35 мерзлые породы в интервале до 4,5 м полностью оттаяли уже к концу мая 2011 г. Зимой 2011/2012 г. они промерзли всего на 2,4 м и полностью оттаяли летом 2012 г. Зимой 2012/2013 г. грунты промерзли уже до глубины 3,5 м, благодаря чему при последующем летнем протаивании остался перелеток мощностью около 1 м. В дальнейшем в этом месте началось медленное промерзание грунтов сверху.

В расположенных рядом скважинах (12т, 13т, 21т и 34) резких скачков температуры грунтов в 2011 г. не наблюдалось. Тем не менее средние годовые температуры грунтов на глубине заложения фундаментов в них заметно увеличились по сравнению с предыдущим годом: в скв. 12т – с –0,4 до 0,4°C; в скв. 13т – с 0,7 до 1,5°C; в скв. 21т – с 0,3 до 1,6°C; в скв. 34 – с 0,5 до 1,2°C. В то же самое время в скв. 35 средняя годовая температура грунтов на глубине 4 м сначала понижалась от 0,4°C в 2008 г. до –0,2°C в 2010 г., а затем резко повысилась до 12,1°C в 2011 г.

Средние годовые температуры воздуха за исследуемый период по данным метеостанции Якутск изменялись не так значительно [5]. Так, в 2009 и 2010 гг. средняя годовая температура воздуха составляла –7,7°C, а в 2011 г. несколько повысилась и достигла –7,3°C.

В случае небольших аварийных утечек воды, когда тонкие свищи в трубах водонасыщают их теплоизоляцию, формируется капель, образующая в зимний период наледь. Размеры последней зависят от температуры и объемов просачивающейся воды (рис. 3). Наледный лёд иногда дорастает до трубы и внутри ледяного тела теплая вода создаёт канал, по которому поступает в грунт. Там вода находит ослабленные зоны, как правило, на контакте сред и в местах растепления, по которым распространяется на большие расстояния.

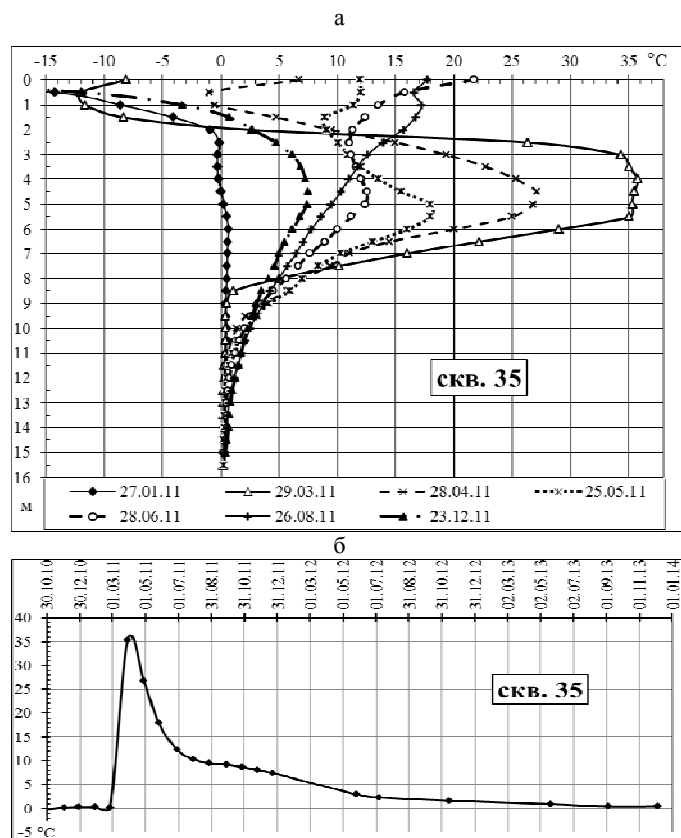


Рис.2. Изменение температуры грунтов в скв. 35 в 2011 г. (а) и с ноября 2010 по декабрь 2013 г. на глубине 5 м (б)

Другое сильное растепление грунтового основания здания ЯТЭЦ было установлено на участке скв. 11т (глубина 12 м). Эта скважина расположена в южной части примыкания углекислотного цеха к главному корпусу. Грунты в этом месте до глубины 4 м представлены отсыпкой из пылеватой супеси с примесью органики и строительного мусора. Глубже залегает мелко- и среднезернистый светло-коричневый обводнённый песок. Скважина была пробурена в 2004 г. и вскрыла оттаявшие грунты. За весь период наших наблюдений (с 2005 г.) их температура в данном месте была преимущественно положительной. Лишь в отдельные периоды, когда происходило восстановление нарушенного теплового режима грунтов, температура грунтов глубже 10 м на короткое время понижалась до $-0,1^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о близком залегании кровли многолетнемёрзлых пород.

В отдельные периоды происходили значительные аварийные утечки воды на участке расположения скв. 11т, сопровождавшиеся значительным повышением температуры грунтов. Самое большое их растепление наблюдалось в 2010 г. Начиная с мая до октября этого года температура грунтов неуклонно повышалась (рис. 4, а) и на глубине 7–10 м достигла 6,0–6,7°C. Причём в интервале 3–4 м она не превы-



Рис. 3. Наледь (а) и ледяные образования (б) под главным корпусом ЯТЭЦ (фото А.Л. Лобанова, 26 февраля 2013 г.)

шала 3°C . В последующие месяцы 2010 г. (ноябрь–декабрь) температура грунтов медленно и равномерно понижалась, а в январе 2011 г. в интервале от 6 до 11 м снова повысилась до 5,8–6,9°C (рис. 5). В дальнейшем происходило постепенное охлаждение грунтов (рис. 4, б) и к декабрю 2011 г. их температура понизилась до 0,5–0,2°C.

Следует обратить внимание, что при повышении температуры грунтов на глубинах 6–10 м заметно уменьшалась амплитуда температурных колебаний на глубине 2 м (с 11 до $4,7^{\circ}\text{C}$). Если в 2008–2009 гг. минимальная температура пород на глубине 2 м наблюдалась в марте и составляла $-2,4\ldots-2,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 5), то под воздействием аварийной утечки воды она не опускалась ниже $-0,6^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура грунтов на этой глубине приходится обычно на

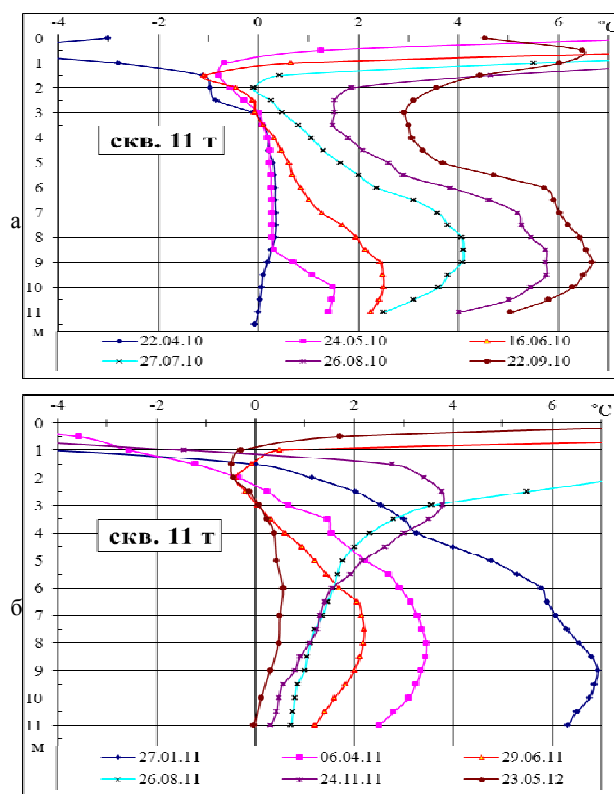


Рис. 4. Повышение температуры грунтов в 2010 г. (а) и восстановление их температурного режима в 2011–2012 гг. (б) в скв. 11т на территории ЯТЭЦ

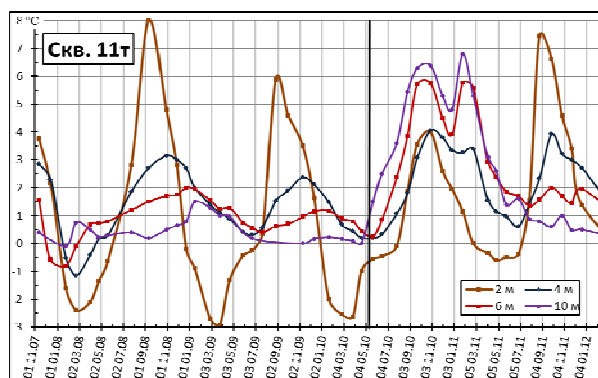


Рис. 5. Изменения температуры грунтов в скв. 11т на глубинах 2, 4, 6 и 10 м с ноября 2007 по январь 2012 г. (территория ЯТЭЦ)

начало сентября с величинами от 6 до 8°C. Однако в результате наших наблюдений было установлено, что в 2011 г. температура достигла 4,1°C только к концу октября. Это можно объяснить фильтрационным конвективным переносом тепла в более глубокие горизонты.

Выводы

В результате длительных детальных наблюдений установлено, что максимальная температура грунтов в основании фундаментов зданий Якутской ТЭЦ зависит от температуры и объема воды, поступающей в грунты в результате аварийных утечек воды из водоподводящих коммуникаций. Наибольшее повышение температуры грунтов происходит при крупных авариях с большим сбросом воды в грунт. Периодические поступления горячей воды в грунты под здания ЯТЭЦ приводят к значительному повышению температуры грунтов, достигающей 50,7°C [6]. Грунты под воздействием утечек горячей воды растекаются на значительную глубину, которая может достигать 15 м и более. Движение воды концентрируется в местах, где грунты уже были талыми из-за предыдущих утечек. Даже краткосрочное воздействие горячей воды приводит к значительному увеличению объема талика, тогда как для восстановления мерзлого состояния грунтов требуются несколько десятилетий.

Литература

1. Вапничная В. В., Зуевская Н. В., Лозовой С. А. Влияние температурного фактора в просадочных грунтах на возникновение аварийных явлений // Научный вестник МГТУ. – 2013. – № 8 (41). – С. 40–45.
2. Кашиперук А.А., Потапов А.Д. Обоснование и некоторые особенности разработки модели и методики мониторинга по определению тепловлагодоннопереноса в грунтах в городских условиях // Вестник МГСУ. – 2013. – № 12. – С. 68–76.
3. Ершов Э.Д. Общая геокриология. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 685 с.
4. Заболотник С.И., Новиков Н.И. Осадка и выпучивание фундаментов Якутской ТЭЦ в процессе 35–50-летней её эксплуатации // Обеспечение надёжности, долговечности зданий и сооружений в холодных регионах. – Якутск: Изд-во ЯкутПНИИС, 2002. – С. 51–56.
5. *Climate Yakutsk* from 1933 to 2014. Data reported by the weather station, 2014 // <http://www.tutiempo.net/en/Climate/Jakutsk/249590.htm> (дата обращения: 10.04.2014).
6. Zabolotnik S.I., Zabolotnik P.S. Changes in the State of Frozen Ground in the Course of Long-term Operation of the Yakutsk Combined Heat and Power (YCHP) Plant // Tenth International Conference on Permafrost. Vol. 2: Translations of Russian Contributions. In: Melnikov V.P. (ed.), Drozdov D.S. & Romanovsky V.E. (co-eds.). The Northern Publisher, Salekhard, 2012. – P. 537–542.

Поступила в редакцию 18.05.2015