**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПЛОТИНЫ
НИЗКОНАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА «МАТТА», ПОСТРОЕННОГО НА
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОМ ОСНОВАНИИ**

**THE RESULTS OF THE STUDY CARRY OUT MANAGEMENT REGIME OF THE
DAM, LOW-PRESSURE WATERWORKS "MATTA", BUILT ON PERMAFROST
GROUNDS**

М.И. ЛОСКИН, С.П. ГОТОВЦЕВ

M. I. LOSKIN, S. P. GOTOVTSEV

***Ключевые слова:** Гидроузел, гидротехническое сооружение, грунтовая плотина, мерзлые грунты, температура, влажность, льдистость, фильтрация, геоэлектрическая томография.*

***Keywords:** water-engineering system, hydraulic engineering construction, ground dam, frozen soils, temperature, humidity, ice content, filtration, geoelectric tomography.*

В статье рассматриваются результаты геокриологических исследований на низконапорном гидроузле «Матта» Горного улуса Республики Саха (Якутия). В настоящее время, из-за потепления климата, многие гидротехнические сооружения начинают утрачивать свои эксплуатационные характеристики. Большинство плотин из-за близкого расположения к населенным пунктам и их каскадного расположения по долинам рек представляют большие техногенные риски. Для изучения данной проблемы нами проведены детальные геокриологические исследования с бурением скважин в теле плотины, также проведены температурные наблюдения плотины и их геофизическое сканирование методом геоэлектрической томографии. Маршрутными работами изучен характер активизации современных мерзлотно-геологических процессов по берегам водохранилища. Выявлено, что в настоящее время значительная часть плотины гидроузла Матта находится в талом состоянии. Установлены деформации и разрушения в теле плотины и фильтрация воды в ее основании. Основная фильтрация воды идет по линии старого русла, в результате чего происходит повышение температуры грунтов тела плотины, увеличение мощности сезонного слоя, а также термозрозионное разрушение зоны

примыкания плотины со склоном долины. По результатам исследований предложены рекомендации по дальнейшей безопасной эксплуатации указанного гидроузла.

The article examines the results of geocryologic researches on the low pressure “Matta” water-engineering system of Gorny Ulus of Sakha (Yakutia) Republic. Now, because of climate warming, many hydraulic engineering constructions begin to lose their production characteristics. The majority of dams because of their close arrangement to settlements and their cascade arrangement in rivers’ valleys, represent larger technological hazards. For studying of this problem we conducted detailed geocryologic researches with well-drilling in a dam body, temperature observations of a dam and their geophysical scanning are also made by method of a geoelectric tomography. Route works studied the nature of activation of the modern permafrost-geological processes on a reservoir coast. It has been revealed that now the considerable proportion of the water-engineering system’s “Matta” dam is in a thawed state. Deformations and destructions in the dam’s body and filtration of water in its foundation are established. The main filtration of water goes in the area of an aged riverbed therefore there is a temperature increase of soils of the dam’s body, increase in power of a seasonally thawed layer and also thermoerosive destruction of a zone of the dam and a valley slope adjunction. By results of researches recommendations about further safe operation of this water-engineering system are offered.

По природно-климатическим условиям центральная Якутия испытывает острый дефицит водных ресурсов, который всегда являлся сдерживающим фактором развития сельскохозяйственного производства Республики Саха (Якутия). Для решения данной проблемы в начале 80-х годов прошлого века вдоль больших и малых рек были построены гидротехнические сооружения, обеспечивающие технической водой населенные пункты и объекты сельскохозяйственного производства. В настоящее время средняя годовая температура воздуха относительно 80-х годов прошлого века выросла на 2,5°C [1]. Изменившиеся климатические условия начали воздействовать на надежность и прочность фундаментов зданий и сооружений, построенных на многолетнемерзлых грунтах, в том числе и на гидротехнические сооружения [2]. Как известно, разрушение низконапорных гидроузлов вне зоны многолетней мерзлоты составляют 47,6% [3], а в криолитозоне - 67,0% [4]. В связи с этим, ставилась цель изучить термовлажностный режим насыпных плотин низконапорных гидроузлов.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является насыпная плотина низконапорного гидроузла Матта, построенного в 1991 году и

предназначенного для подпора воды в водохранилище Матта. Водохранилище Матта предназначено для обеспечения технической водой села Бердигестях Горного улуса (рис. 1). Водоисточником является речка Матта, расположенная на Лено-Вилуйском междуречье. Тип питания смешанный - 60-70% составляют талые воды, остальное – дождевые.

Плотина характеризуется следующими параметрами: длина - 770,0 м, ширина по гребню - 9,0 м, высота - 11,0 м. Отметка НПУ- 214,0 м, - откосы - 1:2, объем воды в водохранилище - 3,47 млн.м³. На плотине сооружен трубчатый автоводосброс из 16-ти металлических труб, диаметром 1420 мм и сифонный автоводосброс из 6-ти металлических труб, диаметром 319 мм. Для содержания плотины в мерзлом состоянии оборудованы 18 жидкостно-замораживающих установок шагом через 2 м, глубиной до 14 м. Ледозащитное сооружение, длиной 90 м предназначено для воспрепятствования давления льда и задержания крупногабаритных предметов.

Рис. 1. Гидроузел «Матта» с. Бердигестях Горного улуса во время весеннего половодья

С августа по октябрь 2016 года на гидроузле «Матта» нами проведены детальные геокриологические исследования. С целью изучения состава отложений, слагающих ложе плотины, а также для установления зоны фильтрации воды из водохранилища, нами пробурены четыре скважины глубиной до 12 м. Для температурных наблюдений скважины обсаживались пластиковой трубой диаметром 50 мм. Устьевые части скважин были защищены металлическими кондукторами, углублёнными в землю на 2,5 м. Температура грунтов измерялась

полупроводниковыми терморезисторами ММТ-1 и ММТ-4, тарированными в Институте мерзлотоведения СО РАН и проводились в соответствии с общепринятыми геотермическими методами наблюдений в скважинах, применяемых в геокриологии [5, 6].

Результаты буровых работ (таб. 1 и 2) показали, что сама плотина сложена темно-серой пылеватой супесью, а ложе плотины (начиная с глубины 4,5 – 5,0 м) светло-серым разнозернистым песками с прослоями светло-серого алевроита. Ближе к правому борту долины наблюдается фильтрация воды со стороны водохранилища.

Таблица 1

Криолитологическое описание грунтов в скважины С-1М

№ пп	Глубина, м	Описание грунтов
1	0,0-0,7	Деятельный слой. Слой промерзания 8 см.
2	0,7-3,5	Супесь легкая, пылеватая, темно-серая, оторфованная. Слой талый. Выход керна 10 %
3	3,5-4,0	Пустота. Во время бурения на этом интервале наблюдался провал бурового снаряд.
4	4,0-8,0	Песок пылеватый, влажный. С глубины 5 м – переувлажненный. На глубине 7,5 м предположительно залегает уровень грунтовых вод.
5	8,0-9,0	Песок светло-серый, разнозернистый с прослоями светло-серого алевроита (1,5-3,0 см). Слой талый, водонасыщенный, текучий.
5	9,0-11,6	Песок светло-серый, разнозернистый, твердомерзлый. Криогенная текстура массивная. На интервале 9,50-10,05 прослеживаются тонкие (1-3 мм) прослой торфа.

Примечание: Выход керна в талых грунтах 15%, в мерзлых 90%.

Таблица 2

Криолитологическое описание грунтов скважины С-2М

№ пп	Глубина, м	Описание грунтов
1	0,0-0,5	Грунт отсыпки (супесь легкая, оторфованная). Выход керна 10% в виде несвязанного шлама.
2	0,5-6,0	Песок светло-серый, мелкозернистый, рыхлый. Выход керна 10 % в виде рассыпавшегося песка.
3	6,0-9,5	Песок светло-серый, мелкозернистый. Слой талый, водонасыщенный, текучий. При бурении с продувкой наблюдается выплескивание жидкого шлама из устья скважины. Выход керна 0%.
4	9,5-10,7	Керн в виде шлама из кусочков разуплотненного алевроита серого цвета, толщиной 1,5-3,0 см. Слой талый. Выход керна 10%.

Температурные наблюдения в скважинах показали, что левая часть плотины талая (С-т1М и С-т2М), а правая часть сложена мерзлыми грунтами (рис. 2).

Рис. 2. Температура горных пород в скважинах С-т2М, С-т3М и С-т4М

Для уточнения возможного месторасположения подруслового талика нами были проведены геофизические работы методом геоэлектрической томографии. Для работ использовалась многоканальная многоэлектродная электроразведочная станция «СКАЛА-64». Для разметки профилей геофизических наблюдений и их привязки на местности использовался GPS навигатор «Garmin GPS map 62s». В пределах площадки гидроузла «Матта» заложено 3 профиля, общей протяженностью 507 м (рис. 3).

Рис. 3. Схема расположения геотермических скважин и геофизических профилей на нижнем бьефе плотины «Матта»

В результате проведенных работ получены геоэлектрические разрезы по 3-м профилям. Мерзлотно-геофизические разрезы с интерпретацией представлены на рис. 4 - 6.

Рис. 4. Геофизический (верхний) и геокриологические (нижний) профили в нижнем бьефе плотины

Рис. 5. Геофизический (верхний) и геокриологические (нижний) профили центральной части нижнего бьефа плотины

Рис. 6. Геофизический профиль через новое русло р. Матта

Таким образом, геофизическое сканирование показало, что отложения, слагающие нижний бьеф плотины гидроузла Матта представлены в основном породами с удельным сопротивлением менее 500 Ом*м (зеленый цвет на мерзлотных разрезах), что указывает на то, что они находятся в талом состоянии [8]. Часть пород имеет удельное сопротивление менее 100 Ом*м, что указывает на их водонасыщенное состояние (красный цвет на мерзлотных разрезах). В разрезах присутствуют так же мерзлые породы, но они занимают не значительную часть (синий цвет на мерзлотных разрезах).

Заключение

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что миграция воды из водохранилища происходит по двум участкам. Первый - старое русло р. Матта (ПК65-ПК105 на ПР1), второй - участок в районе пересечения профиля 1 и профиля 2. Полученные результаты на гидроузле «Матта» показали, что значительная часть правого крыла плотины находится в талом состоянии. Основной поток фильтрации идет по левой части плотины, т.е. по линии расположения скважин С-т1М и С-т2М. Здесь происходит повышение температур грунтов плотины, увеличение мощности сезонно-талого слоя, термоэрозийное разрушение мест сооружения сифонных сбросов вод, а также зоны примыкания плотины со склоном долины.

Для обеспечения фильтрационной прочности тела плотины необходимо в составе эксплуатационных мероприятий предусмотреть следующее:

1. Контроль состояние труб и режима работы замораживающей системы. Установка дополнительных замораживающих установок в нижнем бьефе.
2. Ремонтно-восстановительные работы проводить при пониженных уровнях, вплоть до полного опорожнения водохранилища. С учетом объемов водопотребления, практиковать предельное понижение уровня воды в водохранилище.
3. Своевременно выявлять возможные изменения их температурного и фильтрационного режима. Наиболее эффективными являются геофизические методы, позволяющие проводить неразрушающий контроль.
4. Контроль состояния тела плотины с заложением сети геотермических и пьезометрических скважин на гребне и откосах плотины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балобаев В.Т., Скачков Ю.Б., Шендр Н.И. Прогноз изменения климата и мощности мерзлых пород центральной Якутии до 2200 года // География и природные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 50–56.
2. Лоскин М.И. Состояние гидротехнических сооружений объектов сельскохозяйственного водоснабжения Лено – Амгинского междуречья, построенных на ледовом комплексе в условиях потепления климата. Инновационные подходы к проблемам и перспективам развития АПК в Республике Саха (Якутия): Материалы докладов Международной НПК, посвященной 100-летию со дня рождения профессора М.Г.Сафронова и 60-летию ЯНИИСХ им.М.Г.Сафронова (г.Якутск, 9.12.2016г.) // ФАНО России, ФГБНУ ЯНИИСХ им. М.Г. Сафронова; под ред. А.Д. Решетникова. – Воронеж: Издат-принт, 2017. – С. 281–290.
3. Барабанова С.Е. Случаи повреждений гидротехнических сооружений и меры по обеспечению безопасности // Гидротехническое строительство. – 1995. – № 3. – С. 24–27.
4. Белан В.И. Влияние фильтрации на температурный режим вечномерзлых береговых примыканий плотин из грунтовых материалов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Л. – 1980. – 21 с.
5. Полевые геокриологические (мерзлотные) исследования: методическое руководство. – М.: МГУ, 1961. – 423 с.
6. Методика мерзлотной съемки / Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Изд. МГУ, 1979. – 358 с.
7. Руководство по применению полупроводниковых терморезисторов для геотермических измерений / Балобаев В. Т., Володько Б.В., Девяткин В.Н., Левченко А.И., Русаков В.Г. // . – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – 48 с.
8. Якупов В.С. Геофизика криолитозоны. – Якутск: Изд. ЯГУ, 2008. – 342 с.

LITERATURE

1. Balobaev V. T., Skachkov Yu. B., Shender, N. And. Forecast of climate change and capacity of the frozen soils of Central Yakutia to 2200 // Geography and natural resources. - 2009. - No. 2. – P. 50-56.
2. Loskin M. I. the Condition of structures of agricultural water supply of the Lena – Amga interfluve, built at the ice complex in the conditions of climate warming. Innovative approaches to problems and prospects of agribusiness development in the Republic of Sakha

(Yakutia): Materials of International SPC reports, devoted to the 100 anniversary from the birthday of Professor M. G. Safronov, and the 60th anniversary of ANISH them. Safronova, M. G. (Yakutsk, 9.12.2016 g) // FANO of Russia, FEDERAL state budgetary ANEESH them. Safronov, M. G.; ed. by A. D. Reshetnikova. – Voronezh: Publishing-print, 2017. – P. 281-290.

3. Barabanova S. E. in case of damage of hydraulic structures and measures to ensure safety of construction]. - 1995. - No. 3. - P. 24-27.

4. Belan, V. I., Influence of filtration on the temperature regime of the permafrost coast of the adjacencies of the dams of soil materials. The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences. - L-1980. - 21 p.

5. Field geocryological (permafrost) research: a methodological guide. – M.: Moscow state University, 1961. - 423 p.

6. Methodology of permafrost shooting / edited by V. A. Kudryavtsev. – M.: Publishing House. Moscow state University, 1979. - 358 p.

7. Guide to the use of semiconductor thermal resistors for geothermal measurements / Balobaev V. T., Volodko B. V., Devyatkin V. N., Levchenko A. I., Rusakov V. G.//. - Yakutsk: Institute of permafrost OF the USSR Academy of Sciences, 1985. - 48 p.

8. Yakupov, V. S., Geophysics in permafrost zone. – Yakutsk: Publishing House. Yaga, 2008. - 342 p.

Лоскин Михаил Иванович, первый заместитель руководителя ГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» Министерства сельского хозяйства и продовольственной политики Республики Саха (Якутия),

677000, г. Якутск, ул.Короленко, 19/1, кв. 6, 89142945487, e-mail: melio_lmi@mail.ru

Loskin, Mikhail Ivanovich, first Deputy head of the state budgetary institution "Management of land reclamation and agricultural water supply" of the Ministry of agriculture and food policy of the Sakha Republic (Yakutia),

677000, Yakutsk, Korolenko St., 19/1, flat 6, ph.: 89142945487, e-mail: melio_lmi@mail.ru

Лоскин Михаил Иванович

Готовцев Семен Петрович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН

677000, г. Якутск ул.Ярославского, 30/1 кв.108, 8-924-170-95-45, e-mail: gotovcev@mpi.ysn.ru

Gotovtsev Semyon Petrovich, candidate of geological and mineralogical Sciences, senior researcher at the Institute of permafrost. P. I. Melnikov, SB RAS

677000, Yakutsk, Yaroslavsky St., 30/1 flat 108, ph.: 8-924-170-95-45, e-mail: gotovcev@mpi.ysn.ru

Готовцев Семен Петрович