

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА ТУОРА КЮЕЛЬ — ТАТТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

FEATURES OF THE FROZEN SOIL PHYSICAL PROPERTIES OF THE «TUORA KUEL — TATTA» MAIN CANAL ROUTE IN CENTRAL YAKUTIA

САЛЬВА А.М.

Доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях» горного факультета Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова (СВФУ), к.г.-м.н., г. Якутск, salvaam@mail.ru

SALVA A.M.

Associate professor of the «Protection in Emergency situations» department of the mining faculty of the Ammosov North-Eastern Federal University, PhD (candidate of science in Geology and Mineralogy), Yakutsk, salvaam@mail.ru

Ключевые слова:

Центральная Якутия; магистральный канал; мерзлые грунты; физические свойства; гранулометрический состав; суммарная влажность; число пластичности; консистенция.

Key words:

Central Yakutia; main canal; frozen soils; physical properties; granulometric composition; total moisture content; plasticity index; consistency.

Аннотация

В статье кратко описываются природные условия и физические свойства мерзлых грунтов на трассе самотечного магистрального канала Туора Кюель — Татта в Центральной Якутии.

Магистральный водовод Лена — Туора Кюель — Татта (рис. 1) является самым протяженным (150 км) в Центральной Якутии. Он включает в себя головную плавучую насосную станцию, четыре промежуточных водоема с насосными станциями, пять плотин, трубопровод из стальных труб и каналы общей протяженностью более 20 км.

Система магистрального водоснабжения в заречных районах Центральной Якутии состоит из трех водоводов (рис. 2): (1) река Лена — поселок Туора Кюель; (2) водохранилище поселка Бедеме — озеро поселка Тюнгиюлю; (3) река Лена — озеро Мюрю (с. Борогонцы). Заключительный 17-километровый участок первого водовода — это магистральный канал Туора Кюель — Татта (см. рис. 1, 2). Он проходит по долине и представляет собой естественный самотечный канал в русле ручья Синниэгэс.

В физико-географическом отношении район прохождения трассы магистрального канала Туора Кюель — Татта расположен на Лено-Амгинском междуречье в юго-восточной части Центрально-Якутской низменности. Он представляет собой Абалахскую аллювиальную террасированную равнину, слабо наклоненную на север и запад. Высотные отметки створа плотины водохранилища Туора Кюель и сопряжения канала с рекой Татта в районе исследования составляют 201 и 185 м соответственно. Поверхность эрозионно-аккумулятивной Абалахской террасы — холмистая и холмисто-увалистая с пойменными и эрозионно-термокарстовыми и карстовыми формами рельефа [9]. Она имеет относительно приподнятый «щоколь» и общий пологий уклон в направлении к более низкой Тюнгилюнской террасе [5].

Река Татта (левый приток реки Алдан) — основная водная артерия в районе исследования, протекающая с юго-запада на северо-восток. Большинство ее притоков полностью пересыхает в летний период. Ее русло сильно меандрирует и имеет ширину от 2 до 20 м и глубину от 0,3 до 1,7 м. Средняя скорость течения воды — до 0,2 км/ч. В Татту впадает ручей Синниэгэс, русло которого и является исследуемым самотечным магистральным каналом.

Abstract

The article briefly describes the natural conditions and frozen soil physical properties on the route of the self-flowing Tuora Kuel — Tatta Main Canal in Central Yakutia.



Реки данного района имеют смешанное питание с преобладанием снегового. Озера распространены широко, разнообразны по генезису, величине и форме [7]. Большая часть из них имеет термокарстовое происхождение. В долинах небольших рек и ручьев много пойменных старичных озер. Основные источники питания озер — талые, дождевые воды и подземные льды. Качество воды в них различное. Они находятся на разных стадиях усыхания. В процессе усыхания минерализация озерной воды повышается и вода становится непригодной для питьевых нужд. Под наиболее крупными озерами сохраняются водоносные талики значительной мощности. Озера Кетит-Кюель и Арылах были выбраны в качестве действующих водохранилищ.

Климат района исследований является резко континентальным. Это проявляется в больших годовых колебаниях температур (их перепад достигает 100°C) и в относительно малом количестве осадков (250–300 мм в год.) В целом суровые зимы Центральной Якутии переносятся относительно легко, что объясняется малым содержанием влаги в воздухе и незначительной силой ветра или почти полным его отсутствием. По летним же климатическим условиям Центральная Якутия приближается к южным степным и лесостепным районам России.

В тектоническом отношении район трассы канала Туора Кюель — Татта находится в пределах северо-восточной окраины Сибирской платформы на границе



Рис. 1. Магистральный самотечный канал Туора Кюель — Татта

Якутского поднятия и Алданского прогиба Алданской антеклизы. Поверхность кристаллического фундамента Алданской антеклизы пологая, почти ровная и только в местах сочленения с соседними тектоническими структурами имеет незначительный наклон. В пределах района известны крупные Ноторский и Борогонский глубинные разломы фундамента северо-западного простирания. Разрывные нарушения осадочного покрова вследствие слабой обнаженности завалуированы. Судя по рисунку гидросети, основные водотоки района

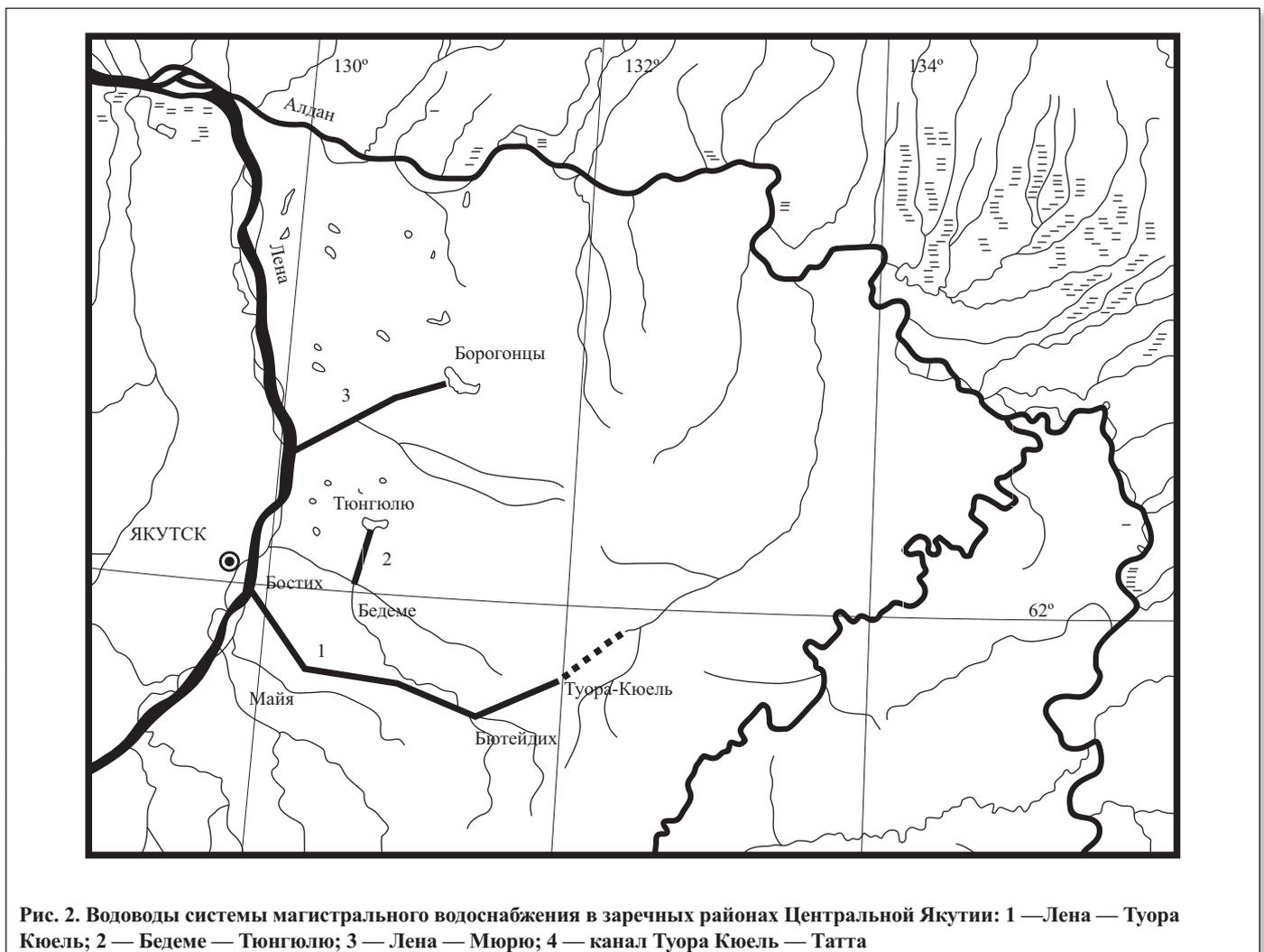


Рис. 2. Водоводы системы магистрального водоснабжения в заречных районах Центральной Якутии: 1 — Лена — Туора Кюель; 2 — Бедеме — Тюнгюлю; 3 — Лена — Мюрю; 4 — канал Туора Кюель — Татта

Таблица

Гранулометрический состав песчаных грунтов							
Разновидность грунта	Состояние толщи	Содержание фракций (%) с размером частиц (мм)					
		<0,1	0,1–0,25	0,25–0,5	0,5–2	2–10	>10
Песок крупный	СМС	10	8	25	38	15	4
Песок пылеватый	ММП	39	33	20	4	3	1
Песок средний	ММП	12	10	39	26	10	3

приурочены к разрывным нарушениям субширотного и субмеридионального направлений.

В геологическом строении района принимают участие юрские и неогеновые отложения, которые перекрыты толщей четвертичных грунтов [2]. Верхнечетвертичные отложения Абалахской террасы имеют мощность 30–55 м. В разрезе выделяются три горизонта грунтов различных генетических типов: нижний — аллювий малых рек; средний — озерно-болотный; верхний — делювиально-пролювиальный [4]. Особенностью верхнего горизонта отложений, представленных лессовидными суглинками, является развитие ледового комплекса мощностью 40–60 м [8]. Повторно-жильные льды полностью пронизывают толщу суглинков.

До изученной глубины (10 м) инженерно-геокриологический разрез трассы магистрального канала Туора Кюель — Татга сложен преимущественно суглинками, реже супесями и песками разной крупности, на некоторых участках залегают торф и заторфованные суглинки и глины (рис. 3). В ходе исследований по трассе канала производился отбор проб, по которым были изучены основные характеристики мерзлых грунтов, проведена статистическая обработка полученных данных и выполнен анализ результатов.

По профилю трассы канала было пробурено: 20 скважин глубиной по 3 м на понижениях; 21 скважина

глубиной по 5 м на более высоких участках; по одной 10-метровой скважине в прирусловой части и по две 5-метровых скважины на примыканиях поперек трассы на пересечениях канала с мостовыми переходами № 1, 2, 3, 4; три скважины глубиной по 5 м на площадке сопряжения канала с рекой Татга. Общий объем буровых работ составил 245 пог. м. Отбор проб из скважин производился с поверхности через каждые 0,5 м. Гранулометрический состав грунтов был определен по ГОСТ [3] в лабораторных условиях.

На рисунке 2 показан инженерно-геокриологический разрез по трассе магистрального канала. На участке скважин № 4–17 с поверхности до исследуемой глубины вскрыты исключительно суглинистые грунты. На участке скважин № 18–24 постепенно выходят на поверхность песчаные и супесчаные грунты, и затем пески и супеси вновь перекрываются глинистыми отложениями. Разновидности глинистых грунтов определялись по показателю числа пластичности I_p . Из 137 глинистых проб: 109 — суглинки; 25 — супеси; 3 — глины.

Гранулометрический состав песчаных грунтов был определен ситовым методом. В таблице показано содержание фракций песка в сезонномерзлом слое (СМС) и в толще многолетнемерзлых пород (ММП) по всей трассе магистрального канала до глубины исследования. В СМС преобладают крупные пески (38%), в ММП — пылеватые и средние (примерно по 39%).

Суммарная влажность многолетнемерзлых пород определялась по общепринятой методике [6]. Отбор проб из кернов, полученных при колонковом бурении, производился в специальные бюксы через каждые 0,5 м (из 20 скважин до глубины 3 м, из 29 скважин до глубины 5 м, из 4 скважин до глубины 10 м).

Была рассмотрена изменчивость суммарной влажности грунтов на трех участках магистрального канала с отложениями относительно разных литологических типов: (1) суглинистыми (скв. № 4–17); (2) супесчано-песчано-суглинистыми (скв. № 18–29); (3) супесчано-

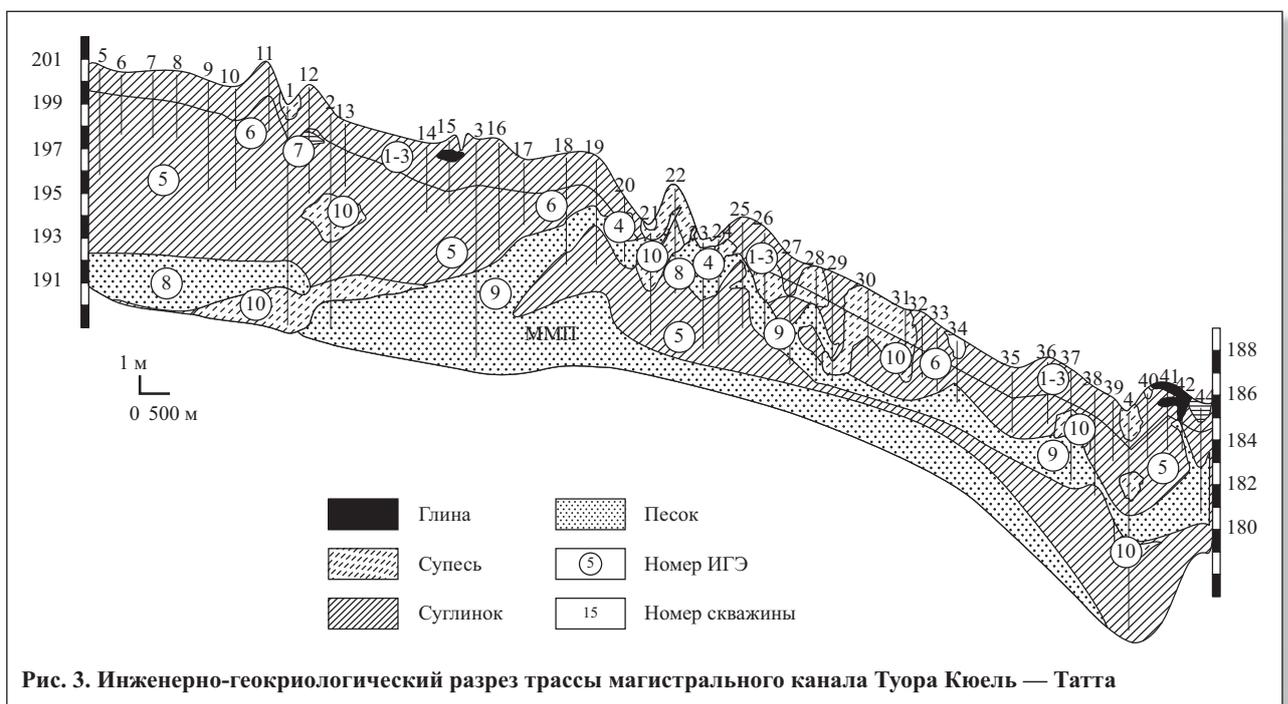


Рис. 3. Инженерно-геокриологический разрез трассы магистрального канала Туора Кюель — Татга



суглинистыми и льдистыми заторфованными суглинистыми (скв. № 30–45).

Участок № 1 (между скважинами № 4 и 17, то есть от створа водохранилища до небольшого озера). Суглинистые отложения. На глубине 0,5 м суммарная влажность (далее — влажность) грунтов изменяется от 15 до 88%. Значительное увеличение ее связано с увлажнением грунтов водами озер и болот. На глубине 1 м влажность составляет 13–39% и лишь в скважине № 15 (в месте развития термокарста) — 58%. На глубине 1,5 м она находится в интервале 12–36% и лишь в скважины № 11 и 15 она имеет повышенные значения (53 и 43% соответственно). На глубине 2 м влажность изменяется от 15 до 36%, но в скважинах № 12 (между мостовыми переходами 1 и 2), № 13 (у кромки озера Юрюнг-Кюель) и № 15 она выше и составляет 92, 51 и 56% соответственно. В толще многолетнемерзлых пород на глубине 2,5 м влажность находится в интервале 21–51%, но в скважине № 12 она равна 65%. На глубине 3 м она составляет 20–47% и лишь в скважине № 12 — 69%. На глубине 3,5 м влажность находится в диапазоне от 28 до 36%, но в скважине № 12 она равна 63%. Динамика изменений влажности на глубине 4,0, 4,5 и 5,0 м незначительна (28–38, 27–32 и 27–31% и соответственно).

Участок № 2 (между скважинами № 18 и 29). Супесчано-песчано-суглинистые отложения. На глубине 0,5 м влажность изменяется от 21 до 63%, и только в скважине № 23 она высокая — 85%. На глубине 1,0 м она варьирует от 6 до 59% и лишь в скважине № 28 достигает 102%. Эти изменения связаны с различными литологическими разностями грунтов. Далее на глубине 1,5 м влажность находится в интервале 12–44%, но в скважине № 28 она снова гораздо выше (89%). На глубине 2,0; 2,5 и 3,0 м она тоже варьирует в широких пределах (4–51, 4–61 и 16–59% соответственно).

Участок № 3 (между скважинами № 30 и 42). Супесчано-суглинистые и льдистые заторфованные суглинистые отложения. На глубине 0,5 м влажность изменяется от 14 до 50%, но в скважинах № 40 (во влажной низине) и № 41 (на краю озера) она достигает 126 и 108% соответственно. На глубине 1 м она меняется от 13 до 33%, но в скважине № 41 достигает 68%. На глубине 1,5 м влажность находится в интервале 18–33%, но в скважинах № 34, 41 и 42 она выше и составляет 64, 66 и 66% соответственно. Это объясняется наличием в пробах торфа и заторфованных суглинков. На глубине 2 м влажность изменяется от 19 до 41%, но достигает 60% в скважине № 39. На глубине 2,5 и 3,0 м она составляет 15–60 и 22–40% соответственно.

Мостовые переходы и площадка сопряжения с рекой Татта. Суглинки, реже супеси. На глубине 0,5 м влажность изменяется от 23 до 52%, но является очень высокой (116%) в скважине № 3. На глубине 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 и 3,0 м она находится в диапазонах 23–31, 25–42, 36–57, 34–51 и 28–48% соответственно. Значения влажности грунта в скважине № 44 соответствуют месту сопряжения трассы канала с рекой Татта, где глинистый грунт имеет высокую влажность — 97, 59, 85 и 51% на глубине 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м соответственно.

От влажности и содержания глинистых минералов зависит такое свойство грунта, как пластичность. От-

бор проб грунта для определения пластичности производился из керна: по 2 пробы — из 3-метровых скважин, по 3 — из 5-метровых, по 8–10 — из 10-метровых. С пластичностью тесно связана консистенция (показатель текучести) грунтов. Статистическая обработка данных по 135 пробам показала следующие результаты в этом отношении:

- суглинок твердый — 13 проб; супесь твердая — 2; глина твердая — 1;
- суглинок текучий — 60 проб; супесь текучая — 15; глина текучая — 2;
- суглинок текучепластичный — 16 проб; супесь пластичная — 7;
- суглинок полутвердый — 1 проба;
- суглинок тугопластичный — 5 проб;
- суглинок мягкопластичный — 10 проб.

Таким образом, при обработке проб грунтов разреза по трассе магистрального самотечного канала Туора Кюель — Татта были выявлены следующие особенности физических свойств мерзлых грунтов. Разновидности грунтов (по гранулометрическому составу и числу пластичности): суглинки (70%), супеси (14%), пески (11%), глины (1%), торф (1%), заторфованные суглинки (1%), а также (по льдистости) лед подземный (1%) и лед поверхностных вод (1%). Песчаные грунты по гранулометрическому составу являются в основном среднезернистыми. Максимальная суммарная влажность грунта рядом с озерами или другими поверхностными водами составляет: 1,76 д. ед. в скважине 40 на глубине 0,5 м; 1,16 д. ед. в скважине 3 на глубине 0,5 м; 1,02 д. ед. в скважине 28 на глубине 1 м; 1,08 д. ед. в скважине 41 на глубине 0,5 м. Это обусловлено высокой льдистостью ближе к поверхности. Глинистые грунты по большей части имеют текучую консистенцию (являются суглинками текучими). ❄

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология. М.: Высшая школа, 2002. 511 с.
2. Геологическая карта Якутии. Масштаб 1:5 000 000 / под ред. И.Я. Баранова. М.: 1977. 4 л.
3. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. М.: МНТКС, 1995.
4. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. Новосибирск: Наука, 1984. 126 с.
5. Камалетдинов В.А. Рельеф цоколя и строение четвертичного покрова Лено-Амгинского междуречья // Геология кайнозоя Якутии. Якутск: Изд-во Якутского филиала СО АН СССР, 1982. С. 94–103.
6. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т. 2: Лабораторные методы / под ред. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1984. 438 с.
7. Реки и озера Якутии: краткий справочник / С.К. Аржакова и др. Якутск: Бичик, 2007. 136 с.
8. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Алданского междуречья. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 144 с.
9. Суходровский В.Л. Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. М.: Наука, 1979. 280 с.