Литература

1. *Скопина Л.В, Рымаренко М.В.* Метод реальных опционов в оценке стоимости запасов нефти при неопределенности в динамике цены // Вестник НГУ: социально-экономические науки. – 2012. – Т. 12, вып.1.– С. 69 – 80.

2. *Dias M., Rocha K.* 1999. Petroleum Concessions with Extendible Options Using Mean Reversion with Jumps to model Oil Prices / www.realoptions.org– дата обращения 15.06.2010.

3. *Лычагин М.В.* Финансовая экономика: курс лекций для магистрантов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – С. 153.

4. *Рымаренко М.В., Скопина Л.В.* Опционный подход к формированию стратегии инновационного развития компаний нефтегазового сектора // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург. – 2013. – № 7, часть 3. – С. 54 – 59.

5. *Brennan M.J., Schwarz E.S.* Evaluating Natural Resource Investments // Journal of Business. – 1985. – Vol. 58 (2). – С .135 – 157.

6. *Мкртчян Г.М., Морозов В.П., Скопина Л.В., Рымаренко М.В.* Метод реальных опционов как эффективный инструмент экономической оценки запасов // Наука и образование. –2011. – № 3. – С. 102 – 107.

7. *Рымаренко М.В., Скопина Л.В.* Реальный опцион – эффективный инструмент обоснования инвестиций в освоение нефтяных ресурсов // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 7. – С. 587 – 593.

8. *Cortazar G., Schwarz E.S.* 1993. A Compound Option Model of Production and Intermediate Inventories // Journal of business 66 (4): 517 – 540.

9. *Скопина Л.В., Рымаренко М.В.* Использование дифференциальных уравнений при опционной оценке реальных активов / Десятая Международная азиатская школа-семинар «Проблемы оптимизации сложных систем». – Киргизия, Иссык-Куль. – 2014.

10. *Скопина Л.В., Рымаренко М.В.* Метод реальных опционов – эффективный инструмент геолого-экономической оценки нефтегазовых лицензионных участков на востоке страны // Материалы Межд. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск: СГГА, 2013. – Т.1. – С. 69 – 74.

11. *Скопина Л.В., Моисеева О.В.* Метод реальных опционов в оценке стоимости Верхнечонского месторождения Иркутской области // Сборник трудов V Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата. – Якутск, 2010. – С. 331 – 339.

Поступила в редакцию 05.11.2014

УДК 624.123.345

Намывные гидротехнические сооружения в криолитозоне России: опыт возведения, проблемы и возможности использования скважинной гидродобычи

Р.В.Чжан, Г.П. Кузьмин

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

Приводится краткий обзор опыта возведения намывных гидротехнических сооружений (ГТС) в России, включая районы распространения многолетнемёрзлых пород. Мировой опыт свидетельствует о том, что несмотря на сложности возведения ГТС в условиях криолитозоны, обусловленные наличием многолетнемёрзлых пород, суровых климатических условий, мокрым технологическим процессом, в некоторых случаях намыв является единственным экономически выгодным способом. В России накоплен значительный опыт возведения строительных площадок в криолитозоне методом гидромеханизации в Западной Сибири при обустройстве газоконденсатных и нефтяных месторождений, а также в Якутии при инженерной подготовке оснований под здания и сооружения. Предложен инновационный метод возведения гидротехнических сооружений в криолитозоне на основе использования скважинной гидродобычи.

Ключевые слова: криолитозона, многолетнемёрзлые грунты, намыв, гидротехническое сооружение.

ЧЖАН Рудольф Владимирович – д.т.н., г.н.с., zhang@mpi.ysn.ru; КУЗЬМИН Георгий Петрович – д.т.н., г.н.с., чл.-корр. РИА.

A brief review of construction of hydraulic-fill structures in Russia, including permafrost areas is presented. World experience shows that despite the difficulties of construction of hydraulic structures in permafrost conditions, caused by presence of frozen layers, harsh climatic conditions, wet technological process, in some cases, inwash is the only cost-effective way. Russia has a considerable experience of construction of hydraulic-fill structures in the cryolithozone including the use of hydromechanization method for inwash of construction sites during the development of gas-condensate and oil fields in Western Siberia, as well as of filling of territories to be used for construction of buildings in Yakutia. An innovative method of construction of hydraulic structures in permafrost conditions based on the use of borehole hydroproduction is proposed.

Key words: permafrost, permafrost soils, hydraulic fill, hydraulic structure.

Введение

Возведение гидротехнических сооружений способом гидромеханизации вне зоны распространения многолетнемёрзлых пород известно давно и успешно применяется как за рубежом в таких странах, как США, Канада, Египет, Италия, Франция, Япония, Украина, Белоруссия, а также в странах Прибалтики, Средней Азии [1, 2], так и в России [3–7] и др. Этом способ применяется при строительстве судоходных и ирригационных каналов, дноуглублении рек, возведении плотин и речных сооружений, добыче песка и гравия, устройстве полотна дорог и оснований аэропортов [4], а также при инженерной подготовке территорий для строительства промышленных и гражданских зданий [8–14].

Возведение гидротехнических сооружений с использованием гидромеханизации в СССР получило бурное развитие в период строительства каналов им. Москвы и Волго-Донского им. Ленина в середине 30 – 40-х годах прошлого столетия. В эти и последующие годы были построены плотины: на р. Волге (Горьковская, Саратовская, Иваньковская, Угличская, Рыбинские ГЭС); на р. Дон (Цимлянская ГЭС); на р. Днепр (Киевская, Кременчугская, Днепродзержинская, Каховская, Каневская ГЭС); на р. Кама (Камская, Воткинская, Нижнекамская ГЭС); на р. Кура (Мингечаурская ГЭС); на р. Оби (Новосибирская ГЭС); на р. Сырдарье (Кайраккумская, Чардарьинская ГЭС); на р. Даугава (Плявинская, Рижская ГЭС); на р. Неман (Каунасская ГЭС) и др. Таким образом, гидротехники России имеют громадный опыт возведения такого рода плотин, которые успешно работают и в наше время [4]. Учитывая активное освоение криолитозоны в конце XX – начале XXI веков, наметились большие перспективы применения гидромеханизации при создании оснований сооружений под промышленное и гражданское строительство, а также возведении линейных сооружений в транспортном и гидротехническом строительстве.

В криолитозоне России разработка мёрзлых грунтов способом гидромеханизации началась с освоения золотоносных месторождений Сибири при вскрытии торфов. Научно-практическое обоснование он получил в трудах дальневосточных учёных [15–16]. К настоящему времени накоплен значительный опыт инженерной подготовки строительных площадок на севере Западной Сибири при обустройстве газоконденсатных и нефтяных месторождений [17–20], в г. Якутске при создании искусственных оснований под промышленные сооружения и гражданские жилые комплексы [14, 20, 21], возведении тела автомобильных и железных дорог [18, 22, 23], добыче строительного материала через скважины [24, 25] и устройстве подземных сооружений [26].

По данным ЗАО «Уренгойгидромеханизация», с1978 по 2006 г. в тело различных сооружений в Западной Сибири уложено свыше 116,9 млн. $м^3$ песчано-гравийного материала. В г. Якутске при инженерной подготовке оснований сооружений (речной порт, завод по ремонту землеройной техники, 202-й и 203-й жилые микрорайоны) объём намывного грунта составил около 800 тыс. $м^3$.

Успешному применению гидромеханизации для строительства в условиях криолитозоны способствовали научно-практические исследования. Исследования развивались в следующих направлениях: поиск и разведка месторождений строительных материалов, пригодных разработке (песок, гравий); создание механизмов и методов разработки карьеров; обоснование и создание теплотехнических основ технологий добычи строительных материалов и разработка технологий возведения качественных сооружений с учетом направленного формирования их устойчивого температурно-влажностного режима в суровых природно-климатических условиях, включая работы в зимний период [23, 27, 28].

Мировой опыт возведения гидроузлов способом гидромеханизации и их эксплуатации в условиях криолитозоны [29, 30] свидетельствует о том, что несмотря на сложности, обусловленные наличием многолетнемёрзлых пород, суровых климатических условий, мокрым технологическим процессом и других, в некоторых случаях он является единственным экономически выгодным способом. Примером первого зарубежного опыта применения гидронамыва для соз-

дания противофильтрационного элемента является плотина на р. Хесс близ г. Фэрбенкс, США. Плотина высотой 25,2 м и длиной 508,5 м, шириной понизу 103,2 м и гребня 4,8 м, с откосами от 1:2,5 до 1:1,3 была построена (1940 – 1946 гг.) как талая на мерзлом основании, промороженном искусственным путем в строительный период. Тело плотины, включая ядро, возведено методом гидронамыва, и только верхняя часть была уложена насухо с послойным механическим уплотнением. Конструкция тела плотины оказалась вполне надежной. Уже первый год эксплуатации показал, что намывная часть плотины обеспечивает фильтрацию в теле вдвое меньше, чем предполагалось. Строительство велось при температуре воздуха до –32°С. В настоящее время плотина находится в удовлетворительном состоянии.

Анализ опыта применения способа гидронамыва при возведении гидроузлов показал его высокую технико-экономическую эффективность. Есть примеры, когда он успешно применялся и зимой. Так при возведении плотины Угличской ГЭС работы велись даже при температуре наружного воздуха –54°С. Были и другие прецеденты, когда работы по намыву плотин не прекращались зимой, например, при строительстве Новосибирской, Волжской, Горьковской и других ГЭС [31]. В процессе реализации этих проектов были решены ряд теплофизических задач по технологии намыва, формированию температурно-влажностного режима тела и основания плотин в процессе возведения и ряд других технических задач. Эти исследования заложили основы использования метода гидромеханизации при возведении плотин в криолитозоне.

Опыт возведения плотин в криолитозоне России методом гидронамыва очень скуден, а чисто намывные плотины вообще отсутствуют. Как правило, это плотины смешанного типа: часть сооружения возводится намывом, другая – отсыпкой насухо. Известны две крупные плотины энергетического назначения – Братская и Усть-Илимская ГЭС [22], дамба Якутского порта на городской протоке р. Лены [32], дамба руслоотвода на р. Сохсолоох, ограждающая дамба хвостохранилища на руч. Новый и ряд плотин хвостохранилищ в Западной Якутии [33–36] и др. Следует отметить, что в качестве альтернативного детально прорабатывался вариант возведения способом гидронамыва плотины Богучанской ГЭС на р. Ангаре. Хотя проект не был реализован, научно-технические проработки его явились значительным вкладом в обосновании применения этого способа при возведении плотин в суровых климатических условиях Крайнего Севера [31].

Опыт строительства Братской и Усть-Илимской плотин несомненно имеет большой практический интерес. Он показал возможность применения метода гидромеханизации при возведении гидросооружений в районах с суровыми природно-климатическими условиями и присутствием многолетнемёрзлых пород.

При строительстве плотины Братской ГЭС (годы строительства 1954–1961 гг., длина 2987 м, наибольшая высота 36 м) из общего объёма земляных работ 6,51 млн.м^3 способом гидромеханизации выполнено 3,52 млн. м^3. На Усть-Илимском гидроузле (годы строительства 1963–1980 гг., высота левобережной части плотины 28 м, длина 1710 м, высота правобережной 47 м, длина 538 м) общий объём намывного грунта составил 3,6 млн. м^3.

Ниже приведём краткую характеристику действующих плотин, сооруженных гидронамывным способом.

Дамба Якутского порта на городской протоке р. Лены предназначена для защиты портовой набережной от ледохода, а также для весеннего отстоя речного флота. Время строительства приходится на июнь – октябрь 1960 г. Объект расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Мощность мерзлой толщи достигает 120 м. Средняя годовая температура воздуха в период строительства составляла –10,3°С. В настоящий период в связи с потеплением она составляет –8,3°С. Дамба длиной 1419 м, высотой 12 м и шириной по гребню 6 м, заложением верхового откоса 1:3, низового – 1:2,5 расположена в пойме р. Лены. Тело дамбы представлено разнозернистым песком и возводилось комбинированным способом: до высоты 9 м гидронамывом, остальные 3 м отсыпкой насухо самосвалами. Верховой откос закреплен железобетонными плитами толщиной 15 см. Грунты основания представлены пойменными аллювиальными разнозернистыми песками (от мелкозернистых до пылеватых) и суглинками. Среднегодовая температура мерзлых пород на глубине нулевых годовых колебаний составляет –1°С…–1,5°С. Глубина сезонного оттаивания изменяется от 0,8 до 3,0 м.

В конце 90-х годов прошлого столетия дамба реконструирована: низовая призма была разобрана до бровки гребня и на всю высоту дамбы была заменена на кладку из камня. В настоящее время дамба находится в хорошем состоянии.

Руслоотводная плотина на р. Сохсолоох высотой 21 м, длиной 1100 м, шириной по гребню 14 м, заложением откосов 1:1,15 расположена в 3 км от п. Айхал (Западная Якутия). Тело плотины намыто из хвостов обогатительной фабрики и сформировано по низовому откосу приз-

мами из каменной наброски. Дамба является составной частью комплекса гидротехнических сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики № 8 Айхальского ГОКа. Предназначена для отвода воды р. Сохсолоох в обход хвостохранилища, направляя её в открытый руслоотводной канал. Одновременно дамба является ограждающим сооружением хвостохранилища. Объект расположен в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов, мощность которых достигает 600 м и более. Мощность сезонноталого слоя составляет 0,3–1,5 м. Под руслом реки развит талик глубиной более 28 м. Температура мёрзлых грунтов на глубине 10 – 15 м колеблется от –2,3 до –2,9°С. Мерзлые дисперсные грунты обладают массивной и тонкослойной криогенной текстурой, крупнообломочные – сетчатой, скальные – трещинной. Содержание ледяных включений колеблется от 6 до 43%. Пойму реки и долину слагают гравийно-галечниковые грунты с песчаным заполнителем. Крупнообломочный материал средне- и хорошо окатанный, представлен изверженными и карбонатными породами. В мерзлом состоянии грунты «распучены», при оттаивании переходят в рыхлое состояние. На пологих заболоченных склонах р. Сохсолоох рыхлые элювиальные и делювиальные отложения перекрывают скальный массив чехлом мощностью в среднем 3–4 м.

Климат района резко континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким, сравнительно теплым летом. Переходные сезоны короткие. Многолетняя средняя годовая температура воздуха составляет –11…–12°С. Абсолютный минимум температур –64°С наблюдается в январе, абсолютный максимум 35°С – в июле. Количество осадков составляет в среднем 338 мм в год. В настоящее время плотина находится в рабочем состоянии.

Ограждающая дамба хвостохранилища на руч. Новый высотой 62 м, длиной 4150 м, шириной по гребню 25 м расположена в Якутии (Мирнинский р-он, г. Удачный) в долине руч. Новый, правого притока р. Далдын и находится на расстоянии около 4 км от обогатительной фабрики №12.

Годы возведения 1976–1988 гг. Тело дамбы сформировано при помощи упорной призмы из хвостов с пионерной дамбой и дамбами обвалования из полускальных пород. Климатические условия района сходны с вышеописанными для п. Айхал.

Район хвостохранилища приурочен к зоне распространения многолетнемерзлых пород, имеющих мощность до 500–600 м. Мощность деятельного слоя составляет 0,7–1,5 м, редко до 2 м. В геологическом строении район представлен карбонатными породами нижнего ордовика. В кровле они сильно выветрелые, разрушенные до дресвы, щебня и глыб. Коренные породы: мергели, известняки, в незначительной степени песчаники и глины перекрыты чехлом четвертичных отложений, представленных по бортам и пойме аллювиальными и делювиальными глинистыми, преимущественно суглинистыми и щебенистыми грунтами, у русловой части – аллювиальными галечниковыми и гравийными грунтами. Мощность четвертичных образований на бортах от 1 до 5 м, в пойме 3–6 м, местами до 10 м. Четвертичные породы (щебенистые суглинки) характеризуются умеренной льдистостью 5–20%, сильно разрушенные (до щебня и дресвы) коренные – 20–40%.

В настоящее время состояние дамбы удовлетворительное.

Проблемы и возможности использования скважинной гидродобычи для возведения гидротехнических сооружений

Существующие технологии гидромеханизированной добычи дисперсных грунтов основаны на разработке талых подрусловых или подозерных отложений. Эти технологии, как было показано выше, широко используются, но не редко сдерживаются ограниченными объёмами талых грунтов и экологическими проблемами (развитие термокарста и других криогенных процессов). Кроме этого, работами ЗАО «Уренгойгидромеханизация» и ЦНИИСа установлено, что транспортировка грунта по пульпопроводу воздействует на атмосферный воздух в 7–10 раз меньше, чем разработка грунта экскаваторами и перевозка его автосамосвалами [14]. Легкоранимые природные комплексы криолитозоны требуют создания экологически чистых технологий. Одной из таких, на наш взгляд, является инновационная скважинная технология гидродобычи строительных материалов (песка, гравия).

Рядом организаций в России не безуспешно проводятся научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по отработке скважинной гидродобычи дисперсных строительных материалов, залегающих на значительных глубинах в многолетнемёрзлой толще криолитозоны [11, 24–26, 37–42] и др.

Исследования показали, что в Западной и Восточной Сибири имеются в наличии огромные запасы дисперсных отложений, достигающие мощности десятков и сотен метров, которые можно использовать в качестве строительных материалов. На рис. 1 приведена картосхема типичных мощностей кайнозойских дисперсных отложений в Якутии, которые доступны скважинной гидродобыче [26].

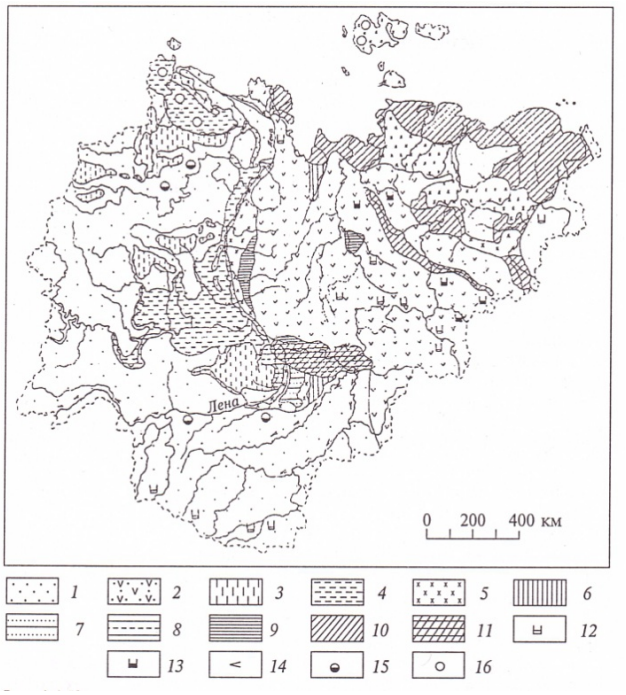


Рис.1. Картосхема типичных мощностей кайнозойских дисперсных отложений в Якутии.
Мощность, м: 1 – 0–10, в долинах до 20; 2 – 0–10, в долинах до 100–160; 3 – 0–20; 4 – 20–40, реже до 50; 5 – 30–60; 6 – 40–80; 7 – 50–120; 8 – 20–150 (нарастание мощности к северу); 9 – от 30 до 100–160 в моренных грядах; 10 – 40–550; 11 – 150–1600; 12 – межгорные впадины, мощность 160–200; 13 – то же, 300–500; 14 – долины рек, аллювий от 10–20 до 30–50; 15 – карстовые полости, заполнены наносами 30–40; 16 – участки с покровом 0–10

Исходя из опыта применения гидромеханизации в строительстве гидротехнических сооружений, нами была предложена технология возведения плотин в условиях криолитозоны с использованием методов скважинной гидродобычи. Суть метода состоит в подземной гидродобыче грунта из мерзлой толщи через буровые скважины – разрушение мерзлых дисперсных грунтов происходит за счет термоэрозии, а выдача пульпы на поверхность – гидроэлеватором и эрлифтом [43]. Доставка строительного материала на создаваемую плотину осуществляется при помощи гидромеханизации по трубам или лоткам.

Отметим, что льдоцементные связи мерзлых грунтов ослабляются или полностью разрушаются в результате теплового воздействия воды, а сохранившиеся после протаивания связи разрушаются с помощью гидромониторов. На тепловую составляющую разрушения мерзлых пород следует обращать особое внимание. Необходимо использовать естественный прогрев воды в водоемах или в специальных водохранилищах. В зависимости от литологического состава разрабатываемой толщи с целью повышения эффективности размыва следить за уровенным режимом воды в размываемых полостях. Этим самым обеспечиваются оптимальные условия работы гидромониторов. На рис. 2 показана схема гидронамыва грунтовой плотины, а

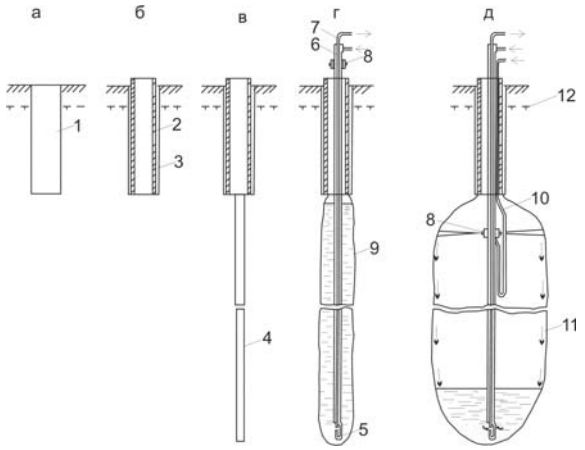


Рис. 2. Схема гидронамыва грунтовой плотины:
1 – упорные призмы; 2 – скважина; 3 – размывающее устройство; 4 – водоподводящая труба; 5 – пульповод; 6 – граница подземной полости; 7 – граница мерзлоты

на рис. 3 – технологическая схема скважинной

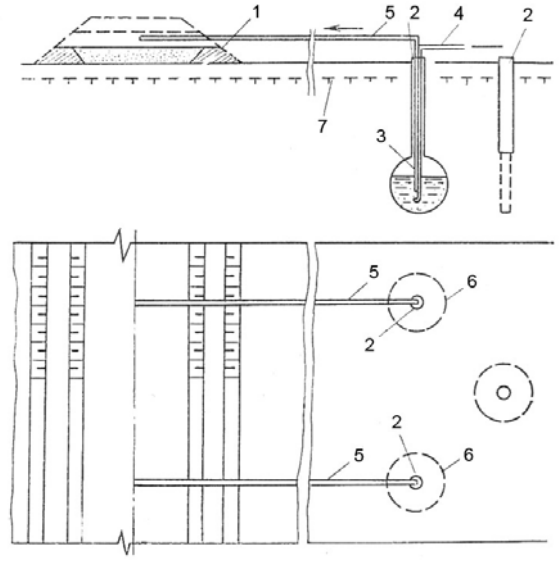


Рис. 3. Технологическая схема скважинной гидродобычи:
а – бурение вскрывающей скважины; б – обсадка скважины и бетонирование; в – бурение рабочей скважины; г – спуск гидроагрегата и расширение скважины; д – гидроразмыв. 1 – вскрывающая скважина; 2 – обсадная труба; 3 – затрубное пространство, заполненное грунтовым раствором; 4 – рабочая скважина; 5 – гидроэлеватор; 6 – водоподающая труба; 7 – пульпоподъёмная труба; 8 – кольцевой гидромонитор; 9 – пульпа; 10 – водоподающий шланг; 11 – стенки размываемой полости

гидродобычи. После отработки определенного объёма грунта образовавшиеся в мерзлой толще полости заливают водой. В процессе теплообмена с окружающими мерзлыми породами вода в полостях постепенно замерзает, чем и обеспечивается устойчивость кровли.

Опытно-промышленные испытания технологи проводились на территории Института мерзлотоведения СО РАН в г. Якутске. Были возведены ядро дамбы на оз. Круглое и дорожное полотно. Всего добыто свыше 5000 м^3 грунта. Инженерно-геокриологические условия разрабатываемой толщи следующие: объект расположен в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, мощность мерзлоты 120–150 м; температура на глубине 20 м от –1,5 до –2,4°С; влажность в пределах от 0,19 до 0,29 ед.; плотность от 1,79 до 1,94 т/м^3; глубина сезонного протаивания 2,5 м; средний размер частиц 0,25 мм; скорость падения частиц в стоячей воде 2,7 см/с; теплопроводность в мерзлом и талом состоянии равна соответственно 2,45 и 2,21 Вт/(м·К); удельная теплоёмкость в мерзлом и талом состоянии равна соответственно 1,18 и 1,59 кДж/(кг·К); мощность размываемых отложений составляет 30 м и представлена мёрзлыми мелко- и среднезернистыми песками с прослойками растительных остатков супеси и гравийно-галечникового материала. Для производства технологии скважинной гидродобычи были использованы следующие агрегаты и механизмы: насосы 4К6 и СНП50/80; трубы диаметром 168 и 108 мм; оборудование для размыва и подъёма пульпы; автокран грузоподъёмностью 6,3 т. Монтаж осуществили два рабочих за 2 часа.

Заключение

Анализ опыта использования гидромеханизации для создания надёжных оснований сооружений различного назначения показал высокую технико-экономическую эффективность её во всех строительно-климатических зонах России и за рубежом. Высокая эффективность метода отмечена также при возведении гидротехнических сооружений в зоне вечной мерзлоты. Инженерно-геокриологические исследования криолитозоны показали наличие громадных запасов строительных материалов, пригодных для разработки их методами гидромеханизации. Накоплена значительная научно-практическая база для широкого использования этого метода в гидротехническом строительстве на данном этапе. Однако легкоранимые экосистемы криолитозоны требуют экологически чистых методов ведения строительства. Таким требованиям, на наш взгляд, обладают технологии скважинной добычи строительных материалов. Технологии скважинной гидродобычи полезных ископаемых и строительных материалов отработаны в промышленном масштабе в горной и нефтегазовой отраслях. Это позволяет заключить, что предложенная технология возведения гидротехнических сооружений в условиях распространения вечной мерзлоты, основанная на скважинной гидроразработке мерзлых толщ, высокоэффективна и доказывает целесообразность её применения.

Успешное внедрение этой технологии безусловно требует дальнейших научно-исследовательских и проектно-конструкторских проработок – совершенствование технологий размыва мерзлых грунтов, создание более мощных установок, современного программно-мониторингового комплекса по прогнозу формирования устойчивого температурно-влажностного режима плотин, включая работы по намыву в зимний период.

Литература

1. *Волнин Б.А.* Высокие намывные и полунамывные плотины США. – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 88 с.

2. *Сафронов А.И.* Транспорт грунта на гидротехническом строительстве за рубежом // Гидротехническое строительство. – 1976. – № 8. – С. 52–58.

3. *Волнин Б.А.* Технология гидромеханизации в гидротехническом строительстве. – М.; Л.: Энергия, 1965. – 200 с.

4. *Мелентьев В.А., Колпашников Н.П., Волнин Б.А.* Намывные гидротехнические сооружения.– М.: Энергия, 1973. – 237 с.

5. *Огурцов А.И.* Намыв земляных сооружений.– М.: Стройиздат, 1974. – 366 с.

6. *Шкундин Б.М.* Гидромеханизация в энергетическом строительстве. – М.: Стройиздат, 1974.

7. *Кожевников Н.Н.* Проектирование и строительство земляных плотин. – М., 2014. – 80 с. http://issuu.com/belbooks/docs/russiandambs.

8. *Глотова М.А.* Намывные песчаные грунты Киевского района как основание зданий и сооружений: автореф. дис. … к. т. н. – Киев, 1984. – 21 с.

9. *Кушнир С.Я.* Об использовании намывных территорий под строительство в Западной Сибири // Перспективы и экономика строительства на намывных территориях: мат-лы Республ. науч.-техн. конф. – Киев, 1980. – С. 52 – 56.

10. *Новиков М.Ф., Каминская В.И., Седых Ю.И.* Намыв территорий для жилищного и промышленного строительства. – М.: Стройиздат, 1978. – 98 с.

11. *Винокуров Е.Ф., Карамышев А. С.* Строительство на пойменно-намывных основаниях. – Шнек: Вышэйшая школа, 1980. – 200 с.

12. *Рекомендации* по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию оснований зданий и

сооружений на намывных территориях. – М.: ВНИИОСП, 1985. – 38 с.

13. *Коновалов П.А., Кушнир С.Я.* Намывные грунты как основание сооружений. – М.: Недра, 1991. – 256 с.

14. *Роман Л.Т., Цернант А.А., Полещук В.Л. и др.* Строительство на намывных грунтах в криолитозоне. – М., 2008. – 323 с.

15. *Бейрахов Г.И.* Гидравлический способ разработки россыпей в Магаданской области // Тр. ВНИИ-1 за 1959 г. – Магадан, 1960. – С. 97 – 102.

16. *Гольдман В.Г., Знаменский В.В., Чистопольских С.Д.* Гидравлическое оттаивание мерзлых горных пород // Тр. ВНИИ-1, т. 30. – Магадан, 1970. – 450 с.

17. *Вассерман С.Н.* Инженерная подготовка заболоченных территорий для строительства в нефтедобывающих районах Западной Сибири. – М.: ВНИИОЭНГ. – 1978. – 85 с.

18. *Рекомендации* по производству работ способом гидромеханизации при сооружении земляного полотна в районах вечной мерзлоты. – М.: ЦНИИС, 1981. – 88 с.

19. *Леванов Н.И.* Разработка песчаных карьеров на Крайнем Севере Сибири // Мат-лы Второго съезда гидромеханизаторов России. – М., 2000. – С. 101 – 104.

20. *Полищук В.Л.* Подготовка площадок строительства на вечной мерзлоте способом намыва грунтов оснований // Мат-лы науч. совещ. по развитию производительных сил Якутской АССР. – Якутск, 1981. – С. 10 – 15.

21. *Инженерно-геологические* изыскания, проектирование и устройство оснований и фундаментов на намывных территориях в условиях Центральной Якутии. ВСН 110-003-88. – М.: Минвостокстрой СССР, 1988. – 43 с.

22. *Попов Ю.А., Рощупкин Д.В.* Гидромеханизация земляных работ в зимнее время. – Л.: Стройиздат, 1979. – 184 с.

23. *Цернант А.А.* Сооружение земляного полотна в криолитозоне: научн. доклад … д.т.н. – М.,1998. – 97 с.

24. *Аренс В.Ж., Шпак Д.Н., Служитель Я.Б.* Новый способ и оборудование для гидронамыва глубинного песка при обустройстве нефтегазовых месторождений на заболоченной территории [Республики Коми, Ямала, Среднего Приобья и других регионов] // Фундаментальные проблемы нефти и газа: мат-лы Всерос. науч. конф. (Москва, 22–25 янв. 1996 г.). – М., 1996. – С. 317–323.

25. *Шпак Д.Н.* Добыча глубинных песчано-гравийных стройматериалов через скважины. Информнефтегазстрой. Научно-технический обзор. Вып. 4. – М., 1982. – 37 с.

26. *Кузьмин Г.П.* Подземные сооружения в криолитозоне. – Новосибирск: Наука, 2002. – 176 с.

27. *Попов Ю.А., Росщупкин Д.В., Пеняскин Г.И.* Гидромеханизация в северной климатической зоне. – Л.: Стройиздат, 1982. – 224 с.

28. *Цернант А.А.* Обоснование рациональной технологии намыва земляных сооружений при отрицательных температурах воздуха // Тр. ЦНИИСа. – 1968. – Вып. 24. – С. 12–28.

29. *Rathjens G.W.* Arctic Engineering requires knowledge of Permafrost Behavior // «Civ. Eng.». – 1951. – V. 21, № 11. – P. 39–41.

30. *Mac Donald D.H., Pillman R.A., Hopper W.R.* Kelsey generating station – dam and dykes // Engineering Journal. – 1960. – V. 43, № 10. – P. 87–89.

31. *Шкундин Б.М., Попов Ю.А.* Применение гидромеханизации в суровых климатических условиях // Гидротехническое строительство. – М.: Энергия, 1979. – № 3. – С. 10 – 12.

32. *Чжан Р.В.* Грунтовые плотины Якутии: Пособие проектировщикам и строителям Якутии. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1983. – 62 с.

33. *Биянов Г.Ф.* Плотины на вечной мерзлоте.– М.: Энергия, 1975. – 184 с.

34. *Сухно А.М.* Организация водооборота на Айхальском ГОКе // Горный журнал. – 2000. – №7– С. 62–63.

35. *Кузнецов Г.И.* Проблемы безопасности специальных гидросооружений (хвостохранилища, золоотвалы, шламонакопители) в условиях Сибири // Изв. вузов. Строительство. – 2002. – №3.– С. 61–62.

36. *Кузнецов Г.И.* Основы проектирования золоотвалов: Учебное пособие. – Красноярск: КГТУ, 1998. – 180 с.

37. *Фридман Б.Э.* Гидроэлеваторы. – М.: Машгиз, 1960. – 421 с.

38. *Хныкин В.Ф.* Разрушение горных пород гидромониторными струями в открытых разработках. – М.: Наука, 1969. – 144 с.

39. *Бобков Ю.П., Васяев Г.Н., Дементьев Ю.Л. и др.* Способ сооружения подземного резервуара в вечномерзлых горных породах. А.с. СССР. №184657. Кл. В 65 G5/00. – М., 1974. – 3 с.

40. *Лобанов Д.П., Бабичев Н.И., Черней Э.И., Сысоев В.И.* Перспективы применения геотехнологических методов разработки мёрзлых и прибрежно-морских россыпей // Мат-лы II Всесоюз. конф. по геотехнол. методам добычи полезных ископаемых. – М.: НИИГЭХИМ, 1975. – Кн. 2. – С. 420–422.

41. *Казарян В.А., Сельверстов Л.В., Теплов М.К. и др.* Опыт эксплуатации подземного хранилища газового конденсата, созданного в многолетнемерзлых породах // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). – М., 2011. – №6. – С. 247–258.

42. *Шергин Д. В.* Исследование и разработка технологии создания подземных резервуаров в многолетнемёрзлых породах: автореф. дис. … к.т.н. – М., 2014. – 28 с.

43. *Мельников П.И., Чжан Р.В., Кузьмин Г.П., Яковлев А.В.* Возведение грунтовых плотин способом гидромеханизации в условиях распространения многолетнемёрзлых пород // Энергетическое строительство. – М.,1984. – № 10. – С. 27–28.

Поступила в редакцию 23.04.2015