

МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ЛЕНА

Антонов А.А., Корнилова З.Г., Яковлев Ю.А., Терешкин А.Л.

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН

E-mail: santaz7@rambler.ru, zoya_korn@mail.ru, djukka@mail.ru, aistereshkin@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены применяемые нами приборные методы обследования и их особенности для подводных переходов трубопроводов (ППТ), расположенных в среднем течении реки Лена.

Дана краткая характеристика природно-климатических, гидрологических и гидроморфологических особенностей среднего течения реки Лена и методов прокладки через нее подводных переходов трубопроводов. Показано, что имеется достаточный комплекс оборудования, позволяющий производить плановый, а также оперативный мониторинг состояния ППТ, практически круглогодично, несмотря на неблагоприятные климатические условия и большую протяженность некоторых ППТ в условиях Центральной Якутии.

Ключевые слова: газопровод, подводный переход, трассоискатель, георадар, гидролокатор, напряженно-деформированное состояние, трубопровод, дюкер.

Введение

Бассейн реки Лена имеет вытянутую форму: 2400 км с юга на север и почти 2000 км с запада на восток. Правобережная часть в 1,5 раза больше левобережной. Площадь бассейнов главных притоков (Витима, Олекмы, Алдана и Вилюя) составляет 65% от всей площади водосбора Лены. Общая площадь бассейна - 2490 тыс. км², средний годовой расход воды - 16200 м³/сек, средний годовой сток - 511 км³, средний годовой слой стока - 206 мм. Климат резко континентальный: долгая, суровая зима и короткое, относительно теплое лето. Весеннее половодье характеризуется наивысшими уровнями и расходами воды [1, 2].

Все существующие подводные переходы трубопроводов, далее ППТ, в среднем течении реки Лена возведены открытым способом с укладкой в подводную траншею. Прокладка переходов через водные преграды этим традиционным способом связана с разработкой значительных объемов грунта, зависит от природно-климатических условий и требует дополнительных материалов на балластировку трубы, что приводит к значительному удорожанию строительства [3-5]. В процессе эксплуатации имеет место явление размыва трубопровода в траншее и его провис. Это приводит к возникновению напряжений в стенке трубы, уровень которых возрастает при увеличении длины размыва участка. Кроме статических напряжений, от провиса возникают динамические напряжения, вызванные колебаниями размыва участка в водном потоке.

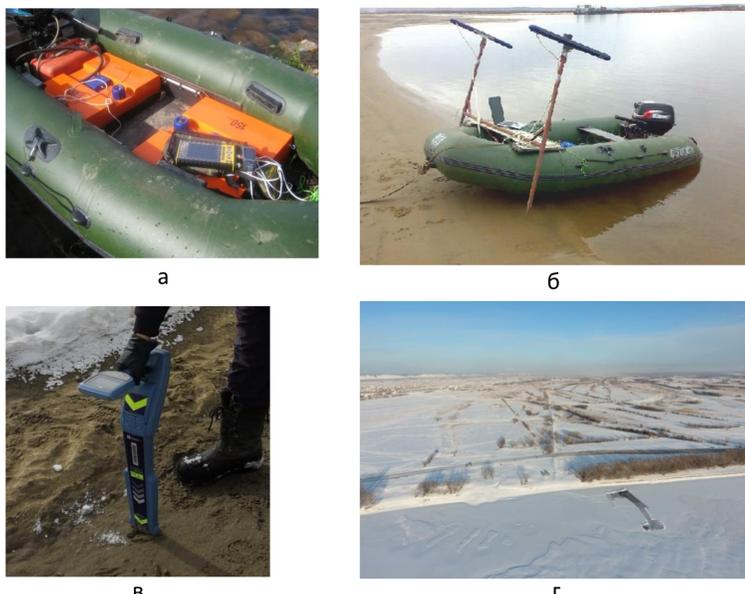


Рис. 1. а – георадар «ОКО-2» с блоком АБ-150, б – ГБО в рабочем положении, зондирование дна, в - трассоискатель «RD-8000», г - общий вид на две нитки ППМТ через р. Лена, ноябрь 2022 года

Материалы и методы исследования

Одним из этапов технической диагностики, необходимой для безаварийной работы ППТ, является определение их плано-высотного положения, на основании которого делается расчет напряженно-деформированного состояния его элементов, а также принимается решение о необходимости ремонта.

Для получения наиболее полной информации о фактическом плано-высотном положении трубопровода ППТ нами применяются следующие инструментальные методы обследования:

- профильное зондирование посредством георадара серии «ОКО-2» с антенным блоком АБ-150 с рабочей частотой 150 МГц или с антенным блоком АБДЛ «Тритон» с рабочей частотой 100 МГц. Максимальная глубина зондирования составляет 12 м, разрешающая способность – 0,35 м;

- для обследования дна реки в районе ППТ применяется комплекс ГБО «Гидра 500Э» со следующими характеристиками: средняя частота – 500 кГц, разрешение – не менее 0,94 см, максимальная наклонная дальность – не менее 60 м, рабочая глубина – до 20 м со встроеным эхолотом;

- определение собственно плано-высотного положения пойменной части трубопровода ППТ производится трассоискателем «RD-8000» [7].

Профильное зондирование производится на месте подводных переходов трубопроводов с помощью георадара серии «ОКО-2» с негерметичным антенным блоком АБ-150 с рабочей частотой 150 МГц, размещенным в лодке (рис. 1, а), либо с помощью антенного блока АБДЛ «Тритон», имеющего герметичное исполнение и возможность работать под водой.

На GPS-приемнике записываются координаты начала и конца профиля, таким образом, все профили имеют привязку к GPS-приемником. Координаты, полученные при работе, исчисляются по балтийской системе.

Профили, располагающиеся поперек ППТ, снимаются через каждые 50-100 м, их длина составляет обычно ~300-400 м.

В период ледостава и зимой профильное зондирование подводных участков ППТ может проводиться непосредственно по поверхности льда путем протаскивания антенных блоков на салазках, либо с лодки в естественных или искусственных полыньях, а также в случае с АБДЛ «Тритон» под водой.

Также для обследования дна, и в частности обнаружения оголенных участков ППТ, применяется установленный на лодку гидролокатор бокового обзора ГБО «Гидра-500Э». Для обследований дна акваторий антенны поворачиваются на 180° и опускаются в воду на фиксированную глубину 30 см (рис. 1, б). В результате посылки зондирующих сигналов и приема отраженных от дна эхо-сигналов на экране монитора (переносной ПК) комплекса формируется акустическое изображение (фотография) дна в виде двух полос вдоль хода движения судна (одна – для левого борта, другая для правого), а также показания эхолота. Гидролокатор, по понятным причинам, применяется исключительно в период открытой воды.

Для установления плано-высотного положения двух ниток на пойменном участке ППТ нами применяется трассоискатель «RD-8000» (рис. 1, в). Трассоискателем находится положение оси трубопровода для установки контрольной точки. Контрольная точка на местности закрепляется штатной рейкой и нумеруется. После закрепления всех контрольных точек на участке трассоискатель устанавливается в контрольных точках поочередно и производится замер глубины залегания оси трубопровода. На каждой контрольной точке измерение глубины производится не менее трех раз. Трассоискатель применяется практически круглогодично, в весенне-осенний период на пересохших протоках и по льду, в летний - на островных и береговых участках ППТ.

С недавних пор беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются на объектах в сфере транспортировки нефти и газа и на практике доказали свою эффективность. Мы используем БПЛА «DJI Phantom 4» для визуального контроля трассы трубопровода и прилегающей к нему зоны (рис. 1, д). Применение БПЛА позволяет решить широкий спектр задач, в том числе таких как: поиск утечек на всем протяжении трубопровода; предотвращение нештатных ситуаций и экологических последствий; оценка технического состояния существующей системы; создание карты местности, по которой проложен трубопровод и др. Что немаловажно в наших климатических и инфраструктурных условиях, БПЛА позволяет осуществлять визуальный контроль во время паводка, когда доступ к местности практически невозможен.

Впоследствии анализируя при помощи регулярных осмотров при помощи БПЛА вегетационный индекс, вероятно можно будет определить отдельные проблемные районы на трассе газопровода. Регулярное получение карты трубопровода с воздуха и сравнение растительности по пути прохождения трубопровода могут помочь увидеть аварийное состояние или утечку загрязняющих веществ заранее.

Заключение

Таким образом, у нас имеется достаточный комплекс оборудования, позволяющий нам производить плановый, а также оперативный мониторинг состояния ППТ практически круглогодично, несмотря на неблагоприятные климатические условия и большую протяженность некоторых ППТ в условиях Центральной Якутии. Комплексное инструментальное обследование состояния ППТ при помощи георадара «ОКО-2» и гидролокатора бокового обзора ГБО «Гидра-500Э» позволяет нам обнаруживать оголенности дюкера, а также определять высоту его провисания. При помощи трассоискателя «RD-8000» и тахеометра определяется плано-высотное положение ППТ в пойменной части и контролируется его изменение с течением времени. В процессе отработки применение БПЛА для оценки технического состояния трубопроводов с учетом наших конкретных задач.

Литература

1. Антонов В.С. Устьевая область реки Лены (гидрологический очерк). - Л.: Гидрологическое изд-во. 1967. 107 с.
2. Мостахов С.Е. Река Лена. - Якутск. Якутское книжное издательство. 1972. 142 с.
3. Сапсай А.Н., Шарафутдинов З.З., Шаталов Д.А., Вафин Д.Р. Выбор метода строительства подводных переходов магистральных трубопроводов // Нефтяное хозяйство -2017. - № 11. - С.143-148
4. А.П. Аммосов, А.А. Антонов, К.В. Солдатов, Ю.А. Яковлев. Технология сварки труб дюкера ППМН через р. Лена // Сварочное производство. № 6. 2019. С. 26-33
5. А.А. Antonov, Yu.A. Yakovlev, G.S. Ammosov, Z.G. Kornilova. Investigation of the welded joints of siphon pipes of the underwater crossing of esp-1 main oil pipeline across the river Lena. IX Евразийский Симпозиум по проблемам прочности и ресурса в условиях низких климатических температур «EURASTRENCOLD-2020». Якутск, 14-17 сентября 2020 г.
6. Лебедев М.П., Быков А.Н., Аммосов А.П., Пермяков П.П., Аммосова О.А., Иванов Дж.С. Оценка деформации трубы ППМН ВСТО через р. Лена и возможности ее разрыва / Матер. Всеросс. науч.-практич. конф. «Сварка и безопасность». Том 1. - Якутск: Офсет, 2012. - С. 49-61
7. A.A.Antonov, Yu.A.Yakovlev, Z.G.Kornilova, A.L.Tereshkin. Monitoring of spatial position of the underwater crossing of MGL across the Lena river by instrumental methods / *Procedia Structural Integrity / Volume 30*, 2020, Pages 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.12.003>