

СВАРКА, РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ / WELDING, RELATED PROCESSES AND TECHNOLOGIES

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75>

О ВОЗДЕЙСТВИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕК НА ЛИНЕЙНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Научная статья

Корнилова З.Г.^{1,*}, Иванов Д.С.², Аммосов Г.С.³, Яковлев Ю.А.⁴³ORCID : 0000-0002-1098-6024;^{1, 2, 3, 4} Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zoza_korn[at]mail.ru)

Аннотация

Одним из основных факторов работоспособности магистральных газопроводов, а также переходов через водные объекты, является взаимодействие со сложными геологическими и эксплуатационными условиями. Возможные изменения состояния подводного перехода во многом определяются наличием факторов, оказывающих на трубопровод различные воздействия: в русловой части трубопровод подвергается размыву, вплоть до обнажения и провисания, а также воздействию меандрирования реки; в пойменной части к возможным воздействующим факторам добавляется механическое давление грунта на трубопровод, вызванное его промерзанием [1].

Подводный переход магистрального газопровода (ППМГ) через р. Лена возведен открытым способом с укладкой в подводную траншею. В процессе эксплуатации ППМГ происходят оголение и потеря устойчивости, а также в подводной части газопровод подвергается гидродинамическому воздействию потока воды, в весенний период – ударному воздействию ледяных масс, которые приводят к снижению эксплуатационной надежности трубопровода и к возникновению аварий. Размыв русла реки под трубопроводом приводит к просадке, а в дальнейшем – к отказу. Соблюдение правил строительства и эксплуатации трубопроводов позволило бы уменьшить аварийные ситуации [2].

В статье рассмотрено изменение профилей дна р. Лена в районе ППМГ, фиксированные по четырем створам. Приведены результаты профилирования. На всех створах у правого берега резко меняется профиль дна реки.

Наличие ППМГ существенно изменяет характер перемещения микро- и мезоформ дна, соответственно направления руслового течения реки. В результате земляных работ по углублению и подсадке ППМГ, выноса большого объема грунта донных отложений создан искусственный мини-остров. Также нами зафиксирован интенсивно размываемый участок острова Быльдысыктах ниже створа ППМГ. Гидрологические русловые процессы в данном створе сложны и необходимо дальнейшее проведение мониторинговых исследований.

Ключевые слова: подводный переход, размыв русла, створ, профилирование.

ON THE IMPACT OF HYDROLOGICAL PROCESSES OF RIVERS ON LINEAR STRUCTURES

Research article

Kornilova Z.G.^{1,*}, Ivanov D.S.², Ammosov G.S.³, Yakovlev Y.A.⁴³ORCID : 0000-0002-1098-6024;^{1, 2, 3, 4} V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russian Federation

* Corresponding author (zoza_korn[at]mail.ru)

Abstract

One of the main factors of operability of main gas pipelines, as well as water objects crossings, is interaction with complex geological and operational conditions. Possible changes in the state of an underwater crossing are largely determined by the presence of factors exerting various impacts on the pipeline: in the channel part, the pipeline is exposed to erosion, up to exposure and deflection, as well as the impact of river meandering; in the bottomland part, mechanical pressure of soil on the pipeline caused by its freezing is added to possibly influencing factors [1].

The underwater crossing of the main gas pipeline (UCGP) across the Lena river was erected by the open method, with laying in the underwater trench. During operation of the UCGP, the pipeline is exposed to the hydrodynamic impact of water flow and, in the spring period, to the impact of ice masses, which leads to the reduction of the pipeline operational reliability and to accidents. Riverbed erosion beneath the pipeline leads to slumping and subsequently to failure. Compliance with the rules of pipeline construction and operation would reduce accidents [2].

The article reviews the changes in the Lena River bottom profiles in the area of the UCGP, fixed by four sections. The results of profiling are presented. At all sections near the right bank, the profile of the river bottom changes sharply.

Presence of UCGP significantly changes the nature of movement of micro- and mesoforms of the bottom, according to the direction of the river channel flow. As a result of excavation works on deepening and replanting of UCGP, removal of large volume of bottom sediments soil, an artificial mini-island was created. We also registered an intensively eroded section of the island Byldyasyktah below the UCGP site. Hydrological channel processes in this section are complicated and further monitoring studies are necessary.

Keywords: underwater crossing, riverbed erosion, shaft, profiling.

Введение

Обеспечение эксплуатационной надежности подводных переходов имеет особую значимость, отказы и аварии на них по своим экономическим и экологическим последствиям намного превышают аналогичные на линейной части. Большинство эксплуатируемых подводных переходов в стране возведено открытым способом с укладкой в подводную траншею (в единичных случаях – по дну).

Учет русловых деформаций при проектировании трубопроводов на реках позволит значительно снизить количество отказов и аварий, и, как следствие, улучшит экологическую обстановку на территории деятельности нефтегазовых предприятий [3], [4].

Протяженность ППМГ через р. Лена с учетом прогнозируемого размыва берегов в течение 30 лет составляет: по основной нитке – 2297 м, по резервной нитке – 2245 м. Максимальная глубина русла в межень (УСМ 86,3 м в БС) составляет 10 м. Средние скорости течения на вертикалях по гидродинамической оси потока составляют: в межень – 0,8, 1,0 м/с, в период паводка – 1,5, 2,0 м/с. Поверхностные скорости течения в паводок могут достигать 2,5, 3,0 м/с. При заторных явлениях и резком спаде уровня воды при разрушении затора эти скорости значительно возрастают [5].

Русло реки Лена от гидропоста (г/п) г. Покровка до г/п п. Намцы подвергается значительной эрозии во время ледохода, особенно при образовании затора льда, а также в многоводные годы. Данные, полученные при гидрометрических работах, показывают, что русловые процессы в районе с. Табаги характеризуются явным преобладанием боковой эрозии. Правый берег реки, особенно ниже водомерного поста, интенсивно размывается примерно на 20 м в год. У левого берега, наоборот, отмечается намыв песков с интенсивностью 0,5 м в год. Анализ показал, что деформация в значительной степени зависит от расходов воды в реке. В целом переформирование главного русла на участке длиной 4,5 км составляет 1,7-7,5 млн.м³ в год [6].

Одним из серьезных гидрологических процессов по течению реки Лена является смещение массивов подвижных песков, значительно влияющих на характер ледохода и весенние паводки. В этом плане морфология русла р. Лена на участке Табага-Кангалассы очень динамична, так как русло р. Лены на этом участке относится к слабоустойчивому или неустойчивому типу. Ложе реки сложено песчаными грунтами, поэтому подвергается сильной деформации. Полных объективных материалов по деформации русла на этом участке нет. Имеются отдельные материалы: Ленское бассейновое водное управление («Ленское БВУ») – изменение фарватера реки, АО «Водоканал» – только деформация дна реки на месте водозабора, ФГБУ «Якутское управление ГМС» (ФГБУ «ЯУГМС») – только по одной линии гидроствора Табага для расчета расхода воды через водное сечение [7].

Гидропост с. Табага находится в 1597 км от устья р. Лена, а ППМГ через р. Лена от г/п с. Табага находится примерно 9000 м ниже. При этом нулевой километр принят в устьевом участке реки Быков мыс.

Антропогенное загрязнение воды р. Лена наблюдалось за период строительства двух ниток подводного перехода магистрального газопровода (ППМГ) через р. Лена «Хатассы-Павловск». Первая нитка была построена в 2003 году. С 2007 года по 2012 год на створе «Хатассы-Павловск» круглогодично велись земляные работы ООО «Спрут» (г. Иркутск) по заглублению и подсадке первой нитки, а также при строительстве и подсадке второй (резервной) нитки ППМГ через р. Лена. В результате земляных работ со дна реки изымаются огромные объемы грунта, основная часть которых оставляется в русловой части реки. Они деформируют морфологию дна реки, изменяют естественное формирование русловых микро-, мезо- и макроформ р. Лена [8].

В результате этого в мае 2010 года вследствие созданных препятствий в районе ППМГ «Хатассы-Павловск» через р. Лена в данном створе образовался мощный затор льда, который вызвал затопление населенных пунктов. Данный затор был спровоцирован большим объемом выгашенного грунта при проведении земляных работ на ППМГ (две нитки), подсадке в зимнее время второй нитки ППМГ через р. Лена, проложенной в апреле 2009 года, а также двумя оставленными плавкранами у левого и правого берегов реки, защищенными возникшими песчаными островами искусственного происхождения [9].

В процессе эксплуатации ППМГ имеет место явление размыва трубопровода в траншее и его провис. Это приводит к возникновению напряжений в стенке трубы, уровень которых возрастает при увеличении длины размытого участка. Кроме статических напряжений, от провиса возникают динамические напряжения, вызванные колебаниями размытого участка в водном потоке [10], [11].

Материалы и методы исследования

В октябре 2012 г. нами произведено профилирование дна реки Лена при уровне воды ППМГ – 87,50 м по БС с использованием катера «Вельбот» ФГБУ «ЯУГМС». ППМГ «Хатассы – Павловск» проходит от южного края с. Павловск на расстоянии примерно 1,0 км. Направление движения катера «Вельбот» параллельно I-й и II-й ниток ППМГ следующее: начало отсчета профилирования принято от правого берега по створу № 2, катер отправляется к левому берегу (правому берегу острова Улуу Арыы). Достигнув левого берега, катер более 200 м спускается вниз по течению и направляется к правому берегу по створу № 1. Достигнув правого берега (левого берега острова Уос Кумах), где газопровод пересекает русло реки между островами Бэргэсэ Уос и Уос Кумах через прорытый канал, катер поднимается вверх по течению и, зафиксировав начало створа № 3, плывет по данному створу и достигает левого берега (правого берега острова Улуу Арыы), затем, зафиксировав начало створа № 4, двигается вдоль ППМГ через р. Лена и достигает правого берега (левого берега острова Бэргэсэ Уос).

Результаты профилирования по четырем створам приведены на рис. 1. Со стороны левого берега профили на створах № 1 и № 2 более равномерны и постепенно углубляются по мере приближения к правому берегу. На последующих створах № 3 и № 4 со стороны левого берега ранее имевшаяся равномерность профилей на створах № 1 и № 2 резко ухудшается. Резко изменяется профиль дна у левого берега на створах № 3 и № 4, возрастает глубина русла у левого берега до 5,7 м на створе № 3, до 5,0 м - на створе № 4. Наблюдается ярко выраженная неровность профиля дна на створе № 3, соответствующая примерно положению I-й нитки ППМГ. На всех этих четырех профилях у правого берега (левых берегов островов Уос Кумах и Бэргэсэ Уос) резко меняется профиль дна реки, еще более ниже спускаясь максимально до 76,5 м по БС (рис. 1).

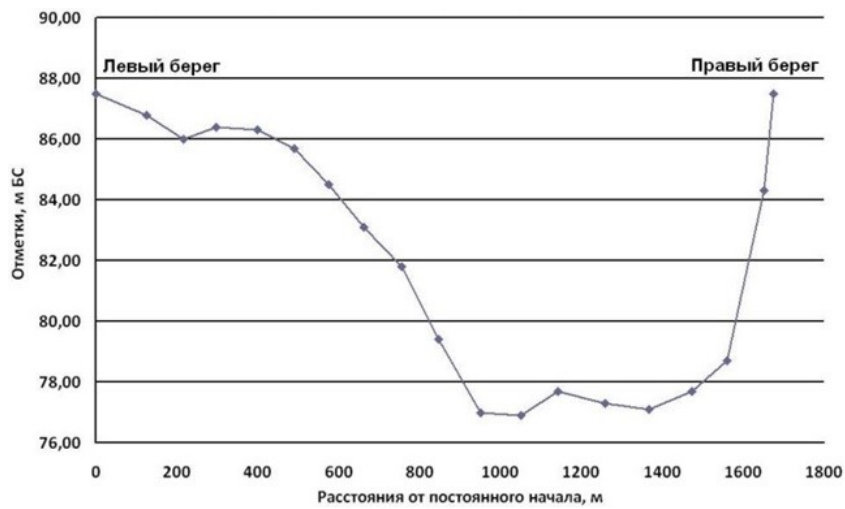


Рисунок 1 - Поперечный профиль р. Лена по створам газопровода от 13.10.2012 г., створ № 1
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.1>

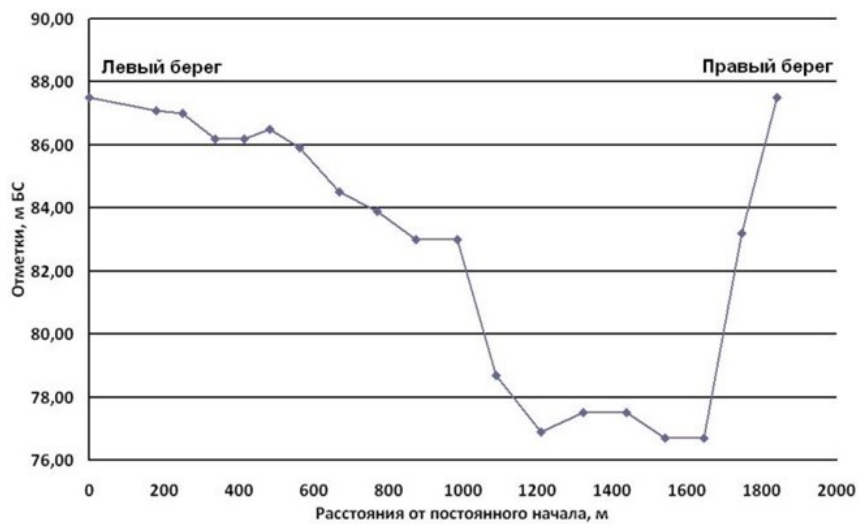


Рисунок 2 - Поперечный профиль р. Лена по створам газопровода от 13.10.2012 г., створ № 2
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.2>

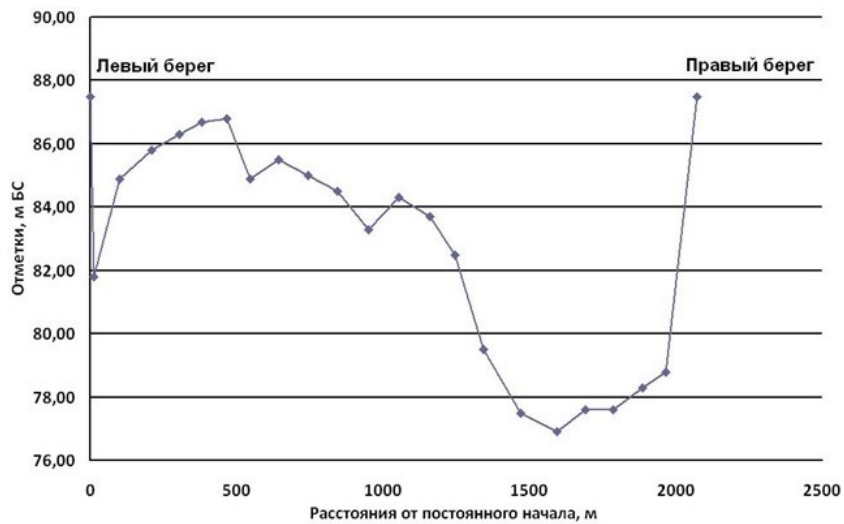


Рисунок 3 - Поперечный профиль р. Лена по створам газопровода от 13.10.2012 г., створ № 3
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.3>

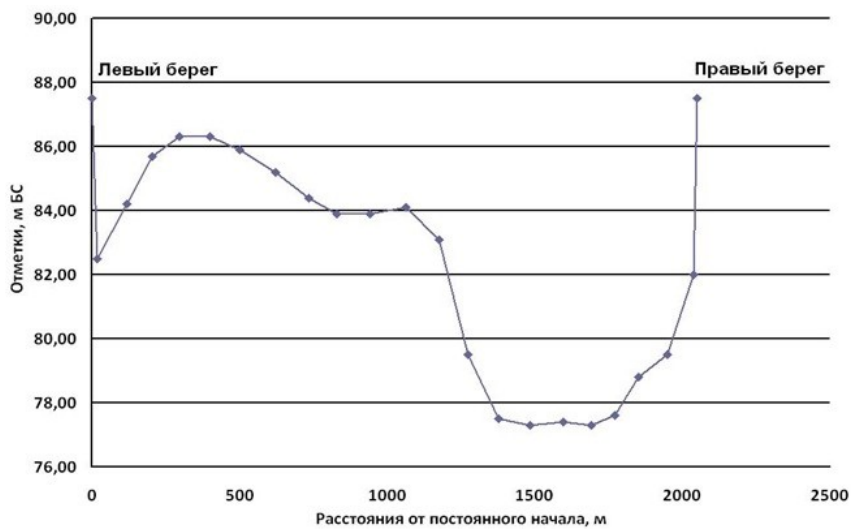


Рисунок 4 - Поперечный профиль р. Лена по створам газопровода от 13.10.2012 г., створ № 4
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.4>



Рисунок 5 - ППМГ через р. Лена у правого берега
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.5>

Примечание: у берега островов Үос Кумах и Бэргэнэ Үос



Рисунок 6 - Размыв берега у левого берега
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.6>



Рисунок 7 - Правый берег протоки
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.7>



Рисунок 8 - Интенсивно размываемый участок острова Быльдасыктах ниже створа ППМГ «Хатассы-Павловск»
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.75.8>

Анализ изменения максимальных глубин по створам показывает, что по створу № 1 – достигает 10,4 м, № 2 – 10,8 м, № 3 – 10,6 м, № 4 – 10,2 м. Следует отметить, что 13.10.2012 г. максимальная глубина русла зафиксирована в районе ППМГ через р. Лена у правого берега (у берега островов Үос Кумах и Бэргэһэ Үос), где был прорыт канал (фото 1) для прокладки двух дюкеров магистрального газопровода. Кроме того, как отмечено выше, у левого берега глубина на створе № 3 достигает 5,7 м, на створе № 4 – 5,0 м. Здесь же у левого берега наблюдается значительный размыв берега (фото 2). Следовательно, наличие подводного перехода магистрального газопровода существенно изменяет характер перемещения микро- и мезоформ дна, соответственно направления руслового течения реки.

Из фото 1 видно, что в результате земляных работ по углублению и подсадке двух ниток ППМГ «Хатассы-Павловск» через р. Лена и выноса большого объема грунта донных отложений плавкранами создан высокий искусственный намыв (мини-остров), за которым лежит протока, проходящая за островами Бэргэһэ и Үос Кумах. На правом берегу этой протоки на фоне острова Быльдасыктах виден участок сверхжелтого цвета, который является местом выхода на берег проложенной в 2009 году II-ой нитки ППМГ с выполненными берегоукрепительными работами (фото 3). Кроме того, нами зафиксирован интенсивно размываемый участок острова Быльдасыктах ниже створа ППМГ «Хатассы-Павловск» (фото 4).

Из этих данных видно, что гидрологические русловые процессы в данном створе достаточно сложны. Исходя из этого, рассмотрим влияние русловых процессов на динамику размыва дюкера I-ой нитки ППМГ «Хатассы – Павловск» через р. Лена.

Заключение

1. Результаты профилирования дна реки со стороны левого берега показали равномерность (створы № 1, № 2) и постепенное углубление по приближению к правому берегу. На створах № 3, № 4 со стороны левого берега наблюдается неровность профиля дна, ярко выраженная на створе № 3, соответствующая положению 1-й нитки ППМГ. На всех четырех створах резко меняется профиль дна реки до 76,5 м по БС.

2. Наличие ППМГ существенно изменяет характер перемещения микро- и мезоформ дна, соответственно направления руслового течения реки. В результате земляных работ по углублению и подсадке ППМГ, выноса большого объема грунта донных отложений создан искусственный мини-остров. Также нами зафиксирован интенсивно размываемый участок острова Быльдасыктах ниже створа ППМГ. Гидрологические русловые процессы в данном створе сложны и необходимо дальнейшее проведение мониторинговых исследований.

3. Размыв дна реки в области траншеи ППМГ может привести к оголению дюкера, и к экстремальным нагрузкам добавятся гидродинамические, а также возникновение изгибающих, крутящих моментов, гидроабразивный износ, что может привести к усталостному разрушению отдельных участков трубопровода.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Шалагин В.Н. Особенности диагностического обслуживания ППМГ. / В.Н. Шалагин, А.Н. Бриллиантов // Газовая промышленность. – 2005. – № 10. – с. 16-20.
2. ВНиР. Сборник В13. Строительство речных гидротехнических сооружений и подводных переходов. Выпуск 2. Подводные переходы, водовыпуски и водоприемники / Минречфлот РСФСР – М. Прейскурант издат. 1987. – 56 с.
3. ВСН 163-83. Ведомственные строительные нормы. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). М.: Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
4. Иванова Е.В. Деформация речных русел - фактор аварийности на нефтегазотранспортных системах в таежной зоне Западной Сибири / Е.В. Иванова; науч. рук. О.Г. Савичев // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М. К. Коровина, г. Томск, 23-27 ноября 2015 г. - Томск : Изд-во ТПУ, 2015. - С. 317-320.
5. Бузин В.А. Затопы льда и заторные наводнения на реках / В.А. Бузин – СПб: Гидрометеиздат, 2004. – 203 с.
6. Шестаков А.В. Исследование гидрометрических данных при изучении русловых процессов на реках. / А.В. Шестаков // Вопросы географии Якутии. – 1973. – № 6. – с. 58-61.
7. Кусатов К.И. Деформации дна в районе Табагинского мыса и их влияние на положение ППМГ через р. Лена. / К.И. Кусатов, А.П. Аммосов // Сварка и безопасность : матер. Всеросс. науч.-практич. конф. - Якутск : Офсет, 2012. - Том 2. - С. 222-231.
8. Аммосов А.П. О строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов. Аналитический обзор / А.П. Аммосов, З.Г. Корнилова. - Якутск : Изд-во ЯГУ, 2008. - 58 с.
9. Кусатов К.И. Антропогенный фактор в заторообразовании и весеннем наводнении при ледоходе на р. Лена. / К.И. Кусатов, А.П. Аммосов, З.Г. Корнилова и др. // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 6. – с. 54-60. – DOI: 10.3103/S1068373912060064
10. Пермяков П.П. Влияние криолитозоны в основании подводного перехода газопровода через реку Лена. / П.П. Пермяков, А.П. Аммосов, Г.Г. Попов // Газовая промышленность. – 2013. – № 2. – с. 59-61.
11. Аммосов А.П. Технология сварки труб дюкера ППМН через р. Лена. / А.П. Аммосов, А.А. Антонов, К.В. Солдатов и др. // Сварочное производство. – 2019. – № 6. – с. 26-33.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shalagin V.N. Osobennosti diagnosticheskogo obsluzhivaniya PPMG [Specifics of diagnostic maintenance of UCGP]. / V.N. Shalagin, A.N. Brilliantov // Gazovaya promy'shlnennost' [Gas Industry]. – 2005. – № 10. – p. 16-20. [in Russian]
2. VNiR. Sbornik V13. Stroitel'stvo rechnyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij i podvodnyh perehodov. Vypusk 2. Podvodnye perehody, vodovypuski i vodopriemniki [VNiR. Collection B13. Construction of River Hydrotechnical Structures and Underwater Crossings. Issue 2. Underwater Crossings, Outlets and Inlets] / Minrechflot RSFSR [Minrechflot of the RSFSR] – M. Prejskurant izdat. 1987. – 56 p. [in Russian]
3. VSN 163-83. Vedomstvennye stroitel'nye normy. Uchet deformatsij rechnyh rusel i beregov vodoemov v zone perehodov magistral'nyh truboprovodov (neftegazoprovodov) [Departmental Construction Standards. Consideration of Deformations of River Channels and Banks of Reservoirs in the Area of Crossings of Main Pipelines (Oil and Gas Pipelines)]. M.: Goskomgidromet, 1985. – 142 p. [in Russian]
4. Ivanova E.V. Deformacija rechnyh rusel - faktor avarijnosti na neftegazotransportnyh sistemah v taezhnoj zone Zapadnoj Sibiri [Riverbed Deformation as an Accident Factor in Oil and Gas Transportation Systems in the Taiga Zone of Western Siberia] / E.V. Ivanova; scient. adv. O.G. Savichev // Tvorchestvo junyh - shag v uspeshnoe budushhee [Creativity of Young People - a Step to a Successful Future] : proceedings of the VIII All-Russian Scientific Student Conference with

elements of the Scientific School named after Professor M.K. Korovin, Tomsk, November 23-27, 2015. - Tomsk : Publishing house of TPU, 2015. - P. 317-320. [in Russian]

5. Buzin V.A. Zatory' l'da i zatorny'e navodneniya na reках [Ice Blocks and Jetty Floods on Rivers] / V.A. Buzin – SPb: Gidrometeoizdat, 2004. – 203 p. [in Russian]

6. Shestakov A.V. Issledovanie gidrometricheskix dannyx pri izuchenii ruslovy'x processov na reках [Study of Hydrometric Data in the Study of Channel Processes in Rivers]. / A.V. Shestakov // Voprosy' geografii Yakutii [Geographic Issues in Yakutia]. – 1973. – № 6. – p. 58-61. [in Russian]

7. Kusatov K.I. Deformacii dna v rajone Tabaginskogo mysa i ih vliyanie na polozhenie PPMG cherez r. Lena [Bottom Deformation in the Tabagin Cape area and its impact on the position of the UCGP across the Lena River]. / K.I. Kusatov, A.P. Ammosov // Svarka i bezopasnost' [Welding and Safety] : mater. All-Russian scientific-practical conf. - Yakutsk : Ofset, 2012. - Vol 2. - P. 222-231. [in Russian]

8. Ammosov A.P. O stroitel'stve podvodnyh perehodov magistral'nyh truboprovodov. Analiticheskij obzor [On the Construction of Underwater Crossings of Main Pipelines. Analytical review] / A.P. Ammosov, Z.G. Kornilova. - Yakutsk: Publishing house of YSU, 2008. - 58 p. [in Russian]

9. Kusatov K.I. Antropogenny'j faktor v zatoroobrazovanii i vesennem navodnenii pri ledoxide na r. Lena [Anthropogenic Factor in Flooding and Spring Flooding during Ice Drift on the Lena River]. / K.I. Kusatov, A.P. Ammosov, Z.G. Kornilova et al. // Meteorologiya i gidrologiya [Meteorology and Hydrology]. – 2012. – № 6. – p. 54-60. – DOI: 10.3103/S1068373912060064 [in Russian]

10. Permyakov P.P. Vliyanie kriolitozony' v osnovanii podvodnogo perexoda gazoprovoda cherez reku Lena [Impact of Cryolithozone at the Base of the Underwater Crossing of the Lena River Gas Pipeline]. / P.P. Permyakov, A.P. Ammosov, G.G. Popov // Gazovaya promy'shlennost' [Gas Industry]. – 2013. – № 2. – p. 59-61. [in Russian]

11. Ammosov A.P. Texnologiya svarki trub dyukera PPMN cherez r. Lena [Welding technology of the UC Pipe Culvert through the Lena River]. / A.P. Ammosov, A.A. Antonov, K.V. Soldatov et al. // Svarochnoe proizvodstvo [Welding Production]. – 2019. – № 6. – p. 26-33. [in Russian]