ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

УДК 551.311.21

Особенности эрозионных процессов на реке Чуна (Уда) в районе строительства магистрального нефтепровода

Е.А. Антонова

ООО «Научно-исследовательское проектное, производственное предприятие по природоохранной деятельности “Недра”», 614064, Пермь, ул. Л. Шатрова, 13а. E-mail: nedra@nedra.perm.ru
(Статья поступила в редакцию 7 октября 2013 г.)

Дано гидроморфологическое описание реки Чуна (Уда), изложены краткие результаты анализа взаимодействия потока и русла, а также совмещения поперечных профилей русла. На их основе оценена устойчивость русла реки на участке перехода.
Ключевые слова: *деформация русла, геологические условия, негативное воздействие, трубопроводы.*

Введение

Российская Федерация является одним из основных поставщиков нефти и газа в мире. У корпораций нефтегазовой отрасли страны появляется все больше покупателей в странах мирового сообщества. Ежегодно разведуются, вводятся в эксплуатацию и разрабатываются новые месторождения. Поэтому на территории Российской Федерации ежегодно появляются десятки и сотни километров новых трубопроводов, реконструируются старые (рисунок). Общая протяженность нефтепроводов на территории РФ составляет более 70 тыс. км [1].

По мнению ряда исследователей, геологические [8, 10, 12], экологические [3, 5, 6, 7] и физико-географические условия на территориях прохождения трубопроводов имеют существенные отличия. Исходя из этого появляется необходимость инженерно-геологического районирования территорий [11]. Нередко возникает необходимость разработки целого комплекса специальных мероприятий для минимизации негативного воздействия объектов нефтедобычи на природную среду [5, 6] и в дальнейшем на организм человека [9, 2]. Кроме того, следует учитывать возможность негативного воздействия объектов изменяющейся природной среды на устойчивость трубопроводных систем. Одним из таких негативных природных факторов является деформация русел рек, пересекаемых трубопроводами.

Исследования эрозионных процессов на р. Чуна

В данной статье рассмотрены особенности руслового процесса р. Чуна (Уда) на участке перехода магистрального нефтепровода «Куюмба – Тайшет», рас-

© Антонова Е.А., 2014

положенного в Тайшетском районе Иркутской области.

Река Чуна (Уда) протекает по территории Иркутской области и Красноярского края, является правой составляющей р. Тасеева (слияние с Бирюсой), принадлежит бассейну Ангары и Енисея. Длина реки – 1203 км, площадь бассейна – 56 800 км² [8]. По характеру течения Уда делится на Верхнюю (от истока до пос. Алыгджер) и Нижнюю (от пос. Алыгджер до устья). Ниже пос. Новочунский река носит название Чуна. Она вытекает из горного озера на стыке Удинского и Агульского хребтов Восточного Саяна, протекает в узкой межгорной долине, ниже – течёт по Среднесибирскому плоскогорью.

Рис. 1. *Река Чуна (Уда) на участке строительства магистрального трубопровода*

С целью оценки устойчивости русла Чуны к размыву и вычислению возможной величины отступления бровок берегов [1, 4, 12] произведено гидроморфологическое обследование реки, русловая съемка на участке 3,7 км для последующего совмещения поперечных профилей русла.

Проектируемый магистральный нефтепровод пересекает реку в 1012 км от истока и в 191 км от устья. Площадь водосбора до расчетного створа составляет 49 900 км^2. Растительность на водосборе представлена смешанным лесом (сосна, осина, береза, ель, пихта). Залесенность составляет 81 % [8]. Заболоченные участки приурочены к понижениям и распространены преимущественно в приурезной части р. Чуны и ее притоков. Заболоченность бассейна составляет менее 5 %. Водосборной площадью р. Чуна (Уда) является всхолмленная равнина, заросшая смешанным лесом (сосна, осина, береза, ель, пихта). Местность трудно проходимая, встречаются поваленные деревья, пониженные участки заболочены.

Долина реки в пределах исследуемого участка ящикообразная, слабоизвилистая со средней шириной порядка 5 км. Склоны долины крутые, покрыты лесом, представленным преимущественно хвойными породами с примесью березы, осины, с подлеском из этих же пород. Правый склон долины реки высокий, на участке перехода магистрального нефтепровода вплотную подходит к берегу, сливаясь с ним. На левом склоне долины прослеживается надпойменная терраса с крутым уступом высотой 18 м, шириной около

120 м. Терраса покрыта хвойным лесом с примесью березы и осины.

На исследуемом участке пойма р. Чуна (Уда) односторонняя, левобережная залесенная, шириной около 200 м. Пойма возвышается над меженными уровнями на участке обследования максимально на 4,0–4,5 м. Поверхность поймы неровная, в прирусловой части зарастает луговой растительностью. Некоторые пониженные участки поймы переувлажнены. На пойме встречаются поваленные деревья. В период прохождения паводков редкой обеспеченности происходит выход воды на пойму. Максимальная глубина затопления составляет 2 м, минимальная – 0,7 м.

Русло слабоизвилистое, хорошо врезано в дно долины. Ширина русла на участке перехода составляет в среднем 300 м, глубина средняя – 2 м, максимальная – 3 м. Расход воды был измерен в июне 2013 г. на спаде половодья и составил 602 м^3/с, средняя скорость течения около 1 м/с, наибольшая – около 1,4 м/с. Ширина русла на участке длиной 3 км в районе перехода изменяется в пределах 290–450 м, максимальная глубина достигает 5,5 м. В 1,2 км выше по течению от створа магистрального нефтепровода русло разветвлено на рукава островами, закрепленными ольхой. Большой остров возвышается над урезом воды на 2,2 м, наибольшая ширина острова составляет 55 м, длина – 318 м. В период прохождения расходов воды редкой повторяемости острова затапливаются.

Правым береговым склоном р. Чуна на участке обследования является склон долины, высота которого составляет порядка 8–10 м. Берег от уреза задернован корнями травяной растительности, на отдельных участках растут ивовый кустарник и береза. Левый береговой склон умеренно крутой, высотой 1,2 м от уреза до бровки на участке обследования, зарастает травяной растительностью, местами – кустарником.

Согласно результатам гидроморфологического обследования и данным картографического материала, основные деформации русла реки на участке обследования выражаются в переформировании русловых мезоформ (осередков и островов). Тип руслового процесса на рассматриваемом участке осередковый (русловая многорукавность). Он возникает на участках русел, перегруженных наносами: выход реки из гор, устьевой участок реки, участки резкого уменьшения продольного уклона дна долины [12]. Река Чуна стекает с высоких гор, уклон вниз по течению постепенно уменьшается, характер движения потока становится все более спокойным, поэтому данный тип руслового процесса закономерен.

Русло реки в целом сложено гравийно-галечниковым грунтом, валунами размером до 0,3–0,5 м с песчаным заполнителем. В русле реки в 1,2 км выше по течению от створа нефтепровода расположены два закрепленных растительностью острова-осередка, имеющие каплевидные очертания, ориентированные вниз по течению. На плане русловой съемки прослеживаются перемещающиеся в паводочный период мезоформы: гряды, осередки, сложенные русловым аллювием, обсыхающие в период межени и создающие многорукавный облик русла.

Линия наибольших глубин русла в первой трети участка русловой съемки (по направлению течения) прижимается к правому берегу, несколько сдвигаясь во второй и третьей частях участка ближе к средней линии русла, и в конце русловой съемки отодвигается ближе к левому берегу. Магистральный нефтепровод пересекает реку по перекату, глубины составляют 2,0–3,7 м, плесовый участок располагается в 1,1 км ниже по течению, ближе к левому берегу, глубины составляют 5,0–5,5 м.

Проектируемая трасса магистрального нефтепровода пересекает реку на относительно прямолинейном участке. Согласно эпюрам скоростей потока стрежень проходит над тальвегом русла, располагаясь на расстоянии порядка 80–120 м от уреза воды (эпюры). Поперечный профиль русла относительно симметричный, что гово-

рит о его достаточной устойчивости в створе коридора нефтепровода.

По данным гидроморфологических изысканий на участке перехода магистрального нефтепровода подмывы и обрушения береговых склонов не наблюдаются. Частичные подмывы берегов были зафиксированы в 100 м ниже и примерно в 1 км выше по течению от нефтепровода (на данном участке – с обнажением корней деревьев).

Правый береговой склон реки крутой, отметки его верха достигают 165,00–166,60 м, сложен преимущественно песком мелким с редкими включениями гравия и гальки, в подошве – гравийно-галечниковым грунтом с песчаным заполнителем, подвержен деформациям в нижней части при прохождении паводков редкой повторяемости. Левый берег высотой 3–4 м плавно переходит в левобережную пойму. Берег сложен преимущественно мелким песком, левая пойма – мелким песком, перекрываемым сверху пластом суглинков на участке от середины поймы к склону. Бровка берега меняет положение в плане практически ежегодно со скоростью, зависящей от характеристик конкретного паводка.

На участке обследования выход воды на пойму происходит 1 раз в 5–7 лет, пойма задернована, зарастает луговой растительностью, местами (ближе к склону долины) – редкими деревьями (береза, осина). В результате кратковременности прохождения паводков, а также редкой повторяемости воздействия водного потока на пойменный массив заметных деформаций пойменного массива не наблюдается, данный факт подтверждается и данными полевого обследования.

Для изучения взаимодействия водного потока и русла р. Чуна в пределах рассматриваемого участка использованы скорости потока, полученные расчетным путем, данные визуального и лабораторного анализа проб донных отложений.

Донные отложения на участке перехода представлены валунами размером до 10–50 см, гравийно-галечниковым грунтом с преобладающим размером частиц 0,5–0,7 мм с песчаным заполнителем (песок мелкий, средний). Дно сложено галечниковым грунтом на подстилающем слое песчаника. Левый береговой склон сложен в приурезной части галечниковым грунтом (под водой), выше – суглинком (над водой), далее – мелким песком.

Грунты, слагающие правый береговой склон, представлены у подошвы склона гравийно-галечниковым грунтом, выше – мелким песком.

Анализ взаимодействия потока и русла реки выполнен для периода свободного русла при прохождении расходов воды 1 %-й и 10 %-й обеспеченности и при прохождении минимального 30-суточного расхода воды 50 % обеспеченности.

Согласно анализу неразмывающих и размывающих скоростей потока, в период летне-осенней межени при прохождении минимального 30-суточного расхода воды 50 %-й обеспеченности для преобладающего размера грунта, слагающего дно реки, средние скорости потока не превышают неразмывающие, а тем более размывающие скорости. В данную фазу водного режима вымощенное галечником дно реки устойчиво.

При прохождении расхода воды 10 %-й обеспеченности (обычно дождевых паводков) происходят интенсивный перенос песчаного заполнителя и гравийно-галечникового грунта с диаметром частиц менее 0,15 см, а также размыв береговых склонов, сложенных песком и суглинком [10, 11, 12]. Галечник средний и крупный с преобладающим в составе донных отложений размером частиц 0,5–0,7 м остается неподвижным.

При прохождении расхода воды 1 %-й обеспеченности происходит перемещение донных отложений с размером частиц менее 0,35 см. Отмостка из галечника размером 0,5–0,7 см при прохождении высоких вод не транспортируется и устойчива к воздействию потока.

Береговые склоны, сложенные песком и частично суглинком, подвергаются размыву практически ежегодно при прохож-

дении паводков и половодий при скоростях течения более 1,5 м/с. Размывающая скорость потока для участков береговых склонов, сложенных песками мелкими и закрепленных растительностью от бровок, составляет 1,5 м/с. Размывающая скорость потока для участка левого берега, сложенного суглинком и закрепленного растительностью от бровок, составляет 2,1 м/с. Такие скорости наблюдаются обычно на пике паводка в течение непродолжительного времени.

Согласно рекомендациям [2], для определения прогнозируемого профиля предельного размыва русла реки, характеризующегося развитием осередкового типа руслового процесса, строятся поперечные профили, расположенные выше по течению от проектируемого створа.

Длина участка русла, в пределах которого выполнено совмещение поперечных профилей, составила примерно 1 км. Совмещение поперечников проводилось по осевой (средней) линии русла. По наинизшим отметкам совмещенных профилей построена огибающая линия глубинных деформаций.

По результатам совмещения поперечных профилей русла р. Чуна на участке изысканий получаем возможное наибольшее плановое смещение бровок берегов за расчетный период 30 лет. Максимальная возможная величина отступления бровки правого берега равна 12 м, левого – 29 м. Поскольку участок русла, в пределах которого выполнено совмещение профилей, включает часть переката с небольшими глубинами и большей шириной, чем в целом по руслу, то, как результат, величины отступления бровки берегов несколько завышены.

Выводы

Результаты обработки исходных данных свидетельствуют о том, что основные переформирования русла р. Чуна (Уда) сводятся преимущественно к переформированию осередков и островов.

Русло на участке проектируемого перехода магистрального нефтепровода «Куюмба – Тайшет» устойчиво. Полученные по результатам совмещения поперечных профилей русла величины отступления бровок берегов (размыв) завышены в силу особенностей русловой морфометрии на исследуемом участке.

Устойчивость берегов к значительному размыву достаточно высока, предлагаемые проектные решения позволят исключить негативные воздействия водотока на проектируемый трубопровод.

Библиографический список

1. *Беркович К.М.* Переформирования русла на подводных переходах магистральных трубопроводов через реки и мониторинг русловых процессов // Эрозионные и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ. 2005. Т. 15. С. 175–187.
2. *ВСН 163-83.* Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зонах подводных переходов магистральных трубопроводов М., 1985.
3. *Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Копылов И.С., Пушкарева М.В., Чиркова А.А.* Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2004. № 6. С. 4–7.
4. *Злотина Л.В., Беркович К.М.* О влиянии прибрежной растительности на русловые процессы // География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 31–37.
5. *Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С.* Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13–16.
6. *Пушкарева М.В., Май И.В., Середин В.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Вековшинина С.А.* Экологическая оценка среды обитания и состояния здоровья населения на территориях нефтедобычи Пермского края // Там же. 2013. № 2. С. 40–45.
7. *Пушкарева М.В., Середин В.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Бахарев А.О.* Инженерно-экологическая оценка территории запасов подземных вод в связи с разра-

боткой нефтяных месторождений // Там же. М., 2013. № 2. С. 9–13.
8. *Ресурсы* поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 16. Ангаро-Енисейский район. Вып. 2. Ангара. Л.: Гидрометеоиздат, 1972.
9. *Середин В.В., Каченов В.И., Ситева О.С., Паглазова Д.Н.* Изучение закономерностей коагуляции глинистых частиц // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–14. С. 3189–3193.
10. *Середин В.В., Ядзинская М.Р.* Закономерности формирования прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами // Инженерная геология. 2014. № 2. С. 25–35.
11. *Середин В.В., Андрианов А.В.* К вопросу о методике определения прочностных характеристик грунтов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 946.
12. *Эрозия* почв и русловые процессы // Труды науч.-исслед. лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева. Вып. 18. / под ред. проф. Р.С. Чалова. М.: Изд-во МГУ, 2012. 329 с.

Particularities of Erosion Processes on the River Chuna (Uda) in the Area of Construction of the Main Oil Pipeline

E.A. Antonova

Scientific Research Design and Production Enterprise for Nature Protection Activity, Ltd, «Nedra», 614064, Perm, L. Shatrova St., 13a. E-mail: nedra@nedra.perm.ru

The article provides a hydromorphological description of the river Chuna (Uda), brief results of the analysis of the flow and river bed interaction, and results of combining the transverse profiles of the channel. Based on the obtained results of study, an estimate of the river bed stability at the pipeline river crossing area is given.
Key words: *river bed deformation, geological conditions, negative effect, oil pipeline.*

References

1. *Berkovich K.M.,* 2005. Pereformirovaniya rusla na podvodnykh perekhodakh magistralnykh truboprovodov cherez reki i monitoring ruslovykh protsessov [Reconfiguration of river channel at the underwater river crossing of main pipelines and monitoring of channel processes]. In Sbornik “Erosion and channel processes”. Moscow, Gegraficheskiy fakultet MGU, T. 15:175–187.
2. *VSN 163-83.* Uchet deformatsiy rechnykh rusel i beregov vodoyomov v zonakh podvodnykh perekhodov magistralnykh truboprovodov [Calculation of deformation of the river channels and banks at zones of underwater pipeline crossing]. Moscow, 1985.
3. *Galkin V.I., Seredin V.V., Leybovich L.O., Kopylov I.S., Pushkareva M.B., and Chirkova A.A.* Otsenka effektivnosti tekhnologiy ochistki neftezagryaznennykh gruntov [Estimation of effectiveness of treatment of oil-contaminated soil]. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. 6:4–7.
4. *Zlotina L.V., Berkovich K.M.,* 2012. O vliyanii pribrezhnoy rastitelnosti na ruslovye protsessy [About influence of the foreland vegetation on the river channel processes]. Geografiya I prirodnye resursy. 1:31–37.
5. *Leybovich L.O., Seredin V.V., Pushkareva M.V., Chirkova A.A., and Kopylov I.S.* 2012. Ekologicheskaya otsenka territoriy mestorozhdeniy uglevodorodnogo syrya dlya opredeleniya vozmozhnosti razmeshcheniya obyektov nefetedobychy [Ecological estimate the territory of hydrocarbon deposits for feasibility of placing the oil production facili-

ties]. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse, 12:13–16.

6. *Pushkareva M.V., May I.V., Seredin V.V., Leybovich L.O., Chirkova A.A., and Vekovshinina S.A.* 2013. Ekologicheskaya otsenka sredy obitaniya i sostoyaniya zdorovya naseleniya na territoriyakh neftedobychi Permskogo kraya [Ecological estimate of the environment and population health conditions at the territories of oil production of Perm kray]. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komlekse. 2:40–45.
7. *Pushkareva M.V., Seredin V.V., Leybovich L.O., Chirkova A.A., and Bakharev A.O.* 2013. Inzhenerno-ekologicheskaya otsenka territorii zapasov podzemnykh vod v svyazi s razrabotkoy neftyanykh mestorozhdeniy [Engineering ecological estimate of territory of underground water reserves relatively to development of oil deposits]. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komlekse. 2:9–13.
8. *Resursy* poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost. T. 16. Angaro-Yeniseyskiy rayon. Vypusk 2. Angara. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1972.
9. *Seredin V.V., Kachenov V.I., Siteva O.S., and Poglazova D.N.,* 2013. Izucheniye zakonomernostey koagulyatsii glinistykh chastits [Study of the regularities of coagulation of clay particles]. Fundamentalnye issledovaniya. 10–14:3189–3193.
10. *Seredin V.V., Yadzinskaya M.R.,* 2014. Zakonomernosti formiovaniya prochnostnykh svoystv glinistykh gruntov, zagryaznennykh uglevodorodami [Regularities of formation of strength properties of clayey soil contaminated with hydrocarbons]. Inzhenernaya geologiya. 2.
11. *Seredin V.V., Andrianov A.V.,* 2013. K voprosu o metodike opredeleniya prochnostnykh kharakteristik gruntov [About the methodology of determination of soil strength characteristics]. Sovremennye problem nauki i obrazovaniya. 6:946.
12. *Erroziya* pochv I ruslovye protsessy [Soil erosion and river channel processes]. 2012. In Trudy nauch.-issled. Laboratorii erozii pochv i ruslovykh protsessov im. N.I. Makkaveeva. Vyp. 18. Pod Red. Prof. R.S. Chalova. Moscow, Geograficheskiy fakultet MGU, p. 329.

Рецензент – доктор геолого-минералогических наук В.В. Середин