

В.В.Афанасьев

Обзор проблемы экологической и технологической безопасности трубопроводных коммуникаций

проекта Сахалин-2

на участках пересечения рек.

Актуальность

Оценка деформаций речных русел, их берегов и пойм, анализ изменений твердого стока в зоне трубопроводных коммуникаций в настоящее время являются одной из основных проблем рационального использования водных и других связанных с ними ресурсов Сахалинской области. Учитывая рыбохозяйственный статус пересекаемых рек, в первую очередь биоресурсов. Кроме того, анализ русловых процессов необходим и при решении многих практических задач в области строительства и защиты инженерных сооружений, служащих для перевода через реки автомобильных дорог и трубопроводов и называемых общим термином переходы.

По мнению К.М. Берковича (1992): *«Инженерные расчеты, опирающиеся на законы гидромеханики и гидравлики, только тогда в полной мере можно считать обоснованными, когда учтены направленность и интенсивность русловых деформаций, их возможные изменения и, что особенно важно, специфика их проявления в различных природных условиях, как при естественном развитии русловых процессов, так и при техногенном воздействии».*

Учет руслового режима реки на этапе планирования и проектирования хозяйственных мероприятий обеспечивает не только экономическую эффективность регулирования речных русел, но всестороннюю оценку естественных процессов и явлений. И как необходимое следствие - разработку таких приемов и методов регулирования, которые, используя естественные тенденции, предотвратят возможность неблагоприятных последствий. Опыт показывает, что многие отрицательные последствия, связанные с русловыми процессами, вызваны именно тем, что не были учтены в первую

очередь естественные особенности и тенденции развития. К сожалению, сказанное можно отнести и к разделу 5.1.2 « Общие принципы переходов через реки (от 11 декабря 2005г)» где СЭИК была сделана попытка анализа проблемы.

Рекогносцировочное обследование 17 переходов показало, что проектирование инженерных сооружений в большинстве случаев выполнено без учета русловых процессов (*Приложение - Подборка фотоматериалов, иллюстрирующих устройство пересечений рек трассой трубопроводов и мероприятия по борьбе с эрозией почвы*). Поэтому связанные с ними нарушения функционирования сооружений проявятся уже по завершении строительства. В этой связи исследования русловых процессов следует ориентировать уже, увы, не на разработку рационального варианта регулирования русла, а на обоснование рекомендаций по снижению отрицательного воздействия русловых процессов на сооружения.

Гидрологические и геолого-геоморфологические условия регулирования русел.

Современные эрозионные процессы на рассматриваемой территории представлены плоскостным смывом, овражной и речной эрозией. Анализируя проблемы увеличения твердого стока, устойчивости склоновых и долинных геоморфосистем в результате прокладки трубопроводных коммуникаций на данном этапе мы рассматриваем только образования генетического ряда: эрозионная борозда – рытвина – овраг – речная долина. Эрозионные борозды – элементарные переходные формы от плоскостного к линейному размыву земной поверхности, которые возникают и развиваются в период наибольшего увлажнения в результате склонового стока дождевых и талых вод. Представлены практически повсеместно на нарушенных склонах в полосе отвода (*фотоматериалы стр. 2,б-в*). За пределами полосы отвода причиной их образования могут являться, например съезды строительной техники (*фотоматериалы стр.3,в*). Рытвины развиваются из наиболее крупных борозд, и являются временным водотоком более длительный промежуток времени (*фотоматериалы стр.3,б; 4,б*). Овраги образуются из наиболее крупных и быстро растущих рытвин в процессе их углубления и расширения, имеют профиль, отличный от профиля склона.



Рис. 1 Овражная эрозия по трассе (по [www. Sakhalin. environment. ru](http://www.Sakhalin.environment.ru))

Процессы оврагообразования, вызванные строительной деятельностью пока только начинают осваивать восточные отроги Камышового хребта, однако, учитывая климатические и инженерно-геологические условия района, грозят в скором времени превратиться в серьезную угрозу устойчивости инженерным сооружениям и один из основных поставщиков наносов в речную сеть. Уже сейчас овражная эрозия вывела в долинную сеть десятки тысяч тонн наносов (Рис.1).

Отметим, что русловые процессы в реках не должны рассматриваться в отрыве от эрозионных процессов, развивающихся на водосборах, т.к. не менее 15-20% объема взвешенных наносов поступает в реки непосредственно с водосбора. Еще более значительная часть наносов оказывается в потоке опосредованно — в результате размыва отложений в конусах выноса, на подсклоновых шлейфах, на поймах. Интенсивность эрозии определяется видом, количеством и интенсивностью выпадения осадков, противозэрозионной прочностью почв, свойствами горных пород и характером их выветривания, густотой и видом растительности, геоморфологическими характеристиками: длиной и крутизной склонов, местными базисами. Например, ливневой сток производит значительно большую эрозионную работу, чем сток талых вод. Суммарный смыв от интенсивного ливня на 1-2 порядка выше, чем при морозящих осадках и при снеготаянии. Таким образом, на развитии склоновой и овражной эрозии в большей мере сказываются дождевые осадки, а роль талых вод менее важна. В общем случае усиление или ослабление эрозионных процессов на водосборах обуславливает аккумуляцию наносов в русле или глубинную эрозию рек. Это происходит в результате

процесса выравнивания транспортирующей способности руслового потока по длине реки, который представляет собой реакцию потока, стремящегося создать по всей длине реки уклон, соответствующий транспортирующей способности потока, на уменьшение или увеличение содержания наносов в потоке. Соответственно поступление в реки добавочного материала в результате ускоренной эрозии приводит к изменениям в морфологии и динамике речных русел. К примеру, на реках с крупными дождевыми паводками к которым относятся пересекаемые водотоки, в тот период, когда формируется основной сток наносов, на водосборах развивается интенсивная склоновая и овражная эрозия. В русла малых рек поступает большое количество наносов, которое поток не всегда может вынести полностью на нижележащие участки речной системы. Малые реки быстро заиливаются и как постоянные водотоки могут исчезнуть полностью, а аккумуляция наносов продолжается на следующих по порядку реках. То же самое относится и к пойменным протокам, регулирующим зарусловый сток (*фотоматериалы стр.7,в,г*). В данной работе мы не анализируем влияние изменений твердого стока на биоту реки. Тем более, что этот вопрос детально рассмотрен применительно к изменениям твердого стока вызванного вырубкой Сахалинских лесов (Лес и Лосось, 2005). Однако стоит обратить внимание в первую очередь на изменение режима твердого стока, а во вторую на существенное увеличение его объема.

Речные долины – наиболее развитая флювиальная форма. Морфологически включают современный формирующийся врез реки, т.е. ее пойму и русло, а также общий – сопряженный склон, моделированный или полностью созданный эрозией. Речная эрозия может быть как глубинной так боковой. Практический результат выражается в подмыве и разрушении берегов, углублении русла. Развитие как боковой, так и донной эрозии обусловлено, главным образом, характером прохождения по рекам максимальных руслоформирующих расходов, строением днищ долин рек, литологическим составом днища русла и берегов и, отчасти, другими факторами, такими как степень извилистости русел рек и величина излучин, облесенность речных берегов и хозяйственная деятельность человека. Наибольшее влияние на речную эрозию оказывает сток талых вод. В период весеннего половодья равнинными реками, например, переносится 70-80% годового стока наносов (Чалов,2000). Русло реки в весеннее половодье подвергается воздействию больших объемов воды, слабо насыщенными наносами в верхних звеньях гидрографической сети.

Геолого-геоморфологическое строение долины реки определяет свободное или

ограниченное развитие русловых деформаций. Изменения водного режима или морфологии дна речной долины приводят к нарушениям сложившегося в процессе взаимодействия потока и русла относительного равновесия, причем величина нарушений зависит не только от размеров техногенного воздействия, но и от региональных особенностей руслоформирующих расходов. Выявление их (т.е. определение интервалов и условий прохождения расходов воды, играющих наибольшую руслоформирующую роль) для конкретной территории и установление их изменений при хозяйственной деятельности позволяет предложить соответствующий комплекс мероприятий по регулированию русел. Кроме того, зависимость основных размеров русловых форм и скорости их движения от руслоформирующего расхода позволяет прогнозировать изменения рельефа русла зарегулированной реки. Таким образом, при прогнозе русловых деформаций в первую очередь учитываются - гидрологический режим реки, геолого-геоморфологическое строение речной долины, выявляются связи русловых деформаций в бытовых условиях с величиной руслоформирующих расходов и степенью устойчивости русла, строением и морфологией поймы, величиной стока и составом руслообразующих наносов, уклоном. Величина стока воды, его внутри годовая и многолетняя неравномерность, интенсивность подъема и спада уровней непосредственно влияют на транспорт руслообразующего аллювия, размеры и морфологический тип русла, форму его поперечного сечения, размеры форм руслового рельефа, характер их многолетних и сезонных перестроений (Беркович, 1992). Непосредственно с величиной расхода среднемаксимального половодья связаны размеры (шаг, радиус кривизны) излучин, а также скорость смещения перекатов (Чалов, 1983). Чередование маловодных и многоводных периодов приводит к изменению направленности и интенсивности смещения излучин, перераспределению стока между рукавами узлов разветвлений.

При резких подъемах и спадах уровней, динамическая ось потока испытывает многократные перемещения по руслу, в результате оно расширяется, теряет устойчивость. Анализ этих явлений очень важен при проектировании сооружений на берегах рек. Очень важен и учет устойчивости русла, поскольку это показатель характеризует количественный эффект взаимодействия активных (русловой поток) и пассивных (устойчивость грунтов берегов и дна) факторов руслового процесса. Устойчивым, т.е. когда его форма, положение в плане и средние размеры поперечного сечения за многолетний период меняются мало, русло будет при сохранении баланса наносов. Исследования указывают на существование связи между коэффициентами устойчивости донных отложений и формой поперечного сечения.

Методы регулирования русел должны способствовать закреплению состояния реки в оптимальном положении как для хозяйственного использования, так для ее естественного развития. При этом необходим прогноз изменений всей системы русловых форм в новом зарегулированном состоянии (русловых деформаций на отдельные крупные формы русла (излучины, узлы разветвления) и их серии (взаимосвязанные морфологически и гидравлически смежные излучины, системы разветвлений, перекатные участки прямолинейных русел). Защита откосов только непосредственно в зоне переходов не имеет смысла. Более того, приводит к развитию размывов как выше, так и ниже по течению, что отмечается практически повсеместно (*фотоматериалы стр. 9, в; стр. 11-12; стр.23,б; 24*). Более того, в половодье размывается и противоположный, аккумулятивный берег (*фотоматериалы стр. 9, в; стр. 10*). Прогнозируя развитие русловых деформаций в зарегулированных условиях, необходимо иметь в виду, что использование при регулировании отложений более грубых фракций, чем руслообразующий аллювий на участке перехода совсем не обязательно будет способствовать стабильности форм русла и сохранности руслового рельефа. В межень в русле и так откладывается большое количество мелких наносов, поступающих со склонов и притоков. На подъеме и пике резкого половодья или паводка наличие незакрепленной отмостки также не будет играть существенной роли, так как в этот период приводится в движение крупнообломочный галечно-валунный аллювий.

Необходимо также иметь в виду, что при создании стесняющих поток сооружений возможно увеличение подвижности аллювия, размыв и посадки уровня. Учтены ли эти явления при определении линии предельного размыва?

Берегозащитные мероприятия.

Переформирование берегов и дна рек естественный процесс свойственный любому водотоку. Наибольшие зафиксированные скорости плановых смещений русла - 50м/час при фронте проявления до 3-х километров (Чалов,2000). Механизм эрозионно-аккумулятивных процессов в упрощенном виде можно представить следующим образом (Рис 2).

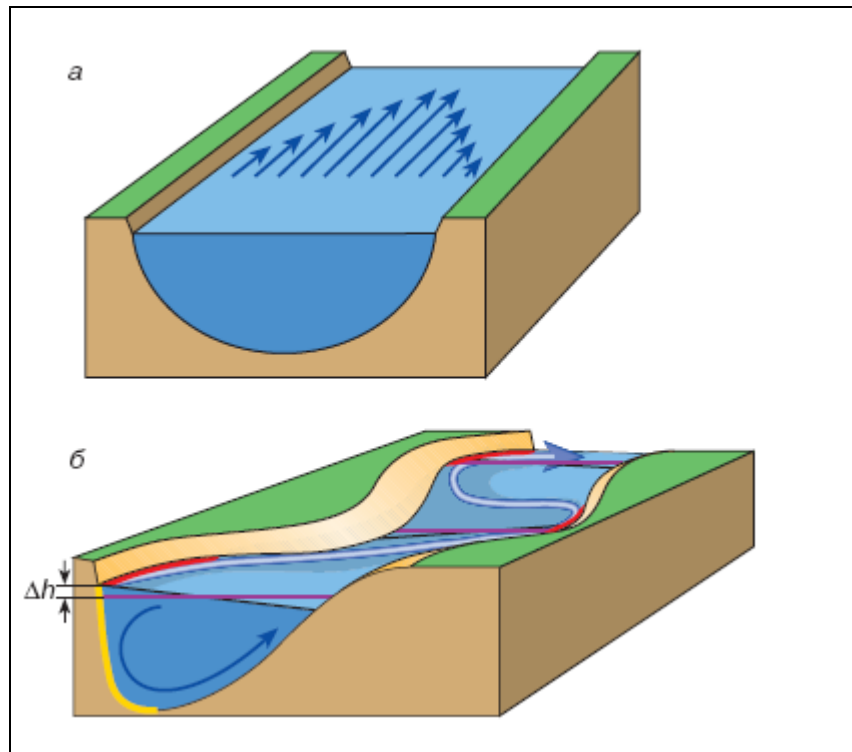


Рис.2 Различные условия взаимодействия потока с берегами реки по Р.С.Чалову (2000г).

а - стержень проходит посередине русла, берега не размываются,
 б - поток подходит к берегу под углом вызывая сжатие струй и размыв берега; у противоположного образуется аккумулятивная отмель (Δh –превышение уровня у вогнутого берега над средним в живом сечении)

Перекося водной поверхности, образовавшийся в результате схождения струй потока и увеличения его скорости обуславливает размыв берега и возникновение циркуляционного течения придонная ветвь которого направлена от размываемого берега к противоположному. А так как придонные слои наиболее насыщены наносами, происходит падение скорости течения и формирование на противоположном берегу отмели, которая еще сильнее стесняет поток (*фотоматериалы стр.25*).

Представление здесь «азов» русловедения не случайно, так как зачастую при стабилизации русла на участках перехода природопользователь защищает аккумулятивный берег более основательно, чем эрозионный. А иногда и провоцирует русловые деформации произвольно меняя очертания берега, при заложении трубы (*фотоматериалы стр.15; 16,а*). Практически на всех реках после половодья на размываемых участках берега отмечены разрушения и деформации берегозащитных конструкций (*фотоматериалы стр.4в; 5,а; 9,в; 10-13; 16,б; 17,а; 18-20*).

Отдельный вопрос использование современных, новых (для России) технологий, а

именно габионов и матрасов Рено. Попавшие в реку стволы деревьев, ветки, растительный детрит (древесный аллювий - по Ю.Ф. Чемякову) накапливаются при резких поворотах и уменьшении уклонов русел, при дроблении потока на рукава, на отмелях. Роль заломов в развитии долин рек и ручьев в общих чертах сходна с ролью наледей - подпруженная река вынуждена обходить препятствия, подмывая борта и расширяя ложе долины (Шамрай,1986). Заломы являются причиной разрушения мостов и дорог, а также препятствуют заходу лососевых пород рыб в реки. (Полунин,1983). Как показали наши наблюдения, оцинкованная сетка матрасов Рено также является ловушкой для плывущего по реке растительного мусора и валежника (*фотоматериалы стр. 8 стр.15*). Образовавшийся на защищаемых таким образом участках берега диагональный завал сужает основной водоток и изменяет угол подхода стержня потока к берегу, являясь своеобразной струенаправляющей дамбой. В результате происходит интенсивный размыв противоположного берега, перераспределение зон размыва и аккумуляции и как следствие плановые деформации и перестройка продольного профиля (*фотоматериалы стр. 9,а*).

Следующим этапом, особенно для рек характеризующихся высокими летними паводками будет образование плотины и подпруживание реки, которая выходит из берегов и растекается по пойме. Иногда за один паводок река может промыть новое русло (Полунин,1983). Новое русло закладывается на поверхности высокой поймы, которая почти всегда залесена, что в свою очередь может привести к образованию новых заломов и дальнейшим изменениям русла. Следует отметить, что в обычных условиях на пойме эрозионные формы не формируются. Для того чтобы начался размыв почвенной дернины скорость потока должна более чем в 4 раза превышать наблюдаемые в природе (Чернов,1983). Однако в условиях тотального разрушения почвенного покрова в речной долине на участках переходов, новое русло может закладываться не только по старицам и протокам (*фотоматериалы стр. 19–22*).

Таким образом, выполняя стабилизационные русловые мероприятия в долине реки природопользователь должен не только полностью убрать следы своего пребывания в пойме, вернув ее к девственному состоянию, но и полностью исключить возможность естественного заложения нового русла.

Заканчивая раздел посвященный берегозащитным мероприятиям нельзя не отметить и в прямом смысле казусные «инженерные решения» (*фотоматериалы стр. 13;14,а;22,в,г;23*). В первом случае руслу придана прямоугольная форма и к чему это приведет, полагаю, мы увидим уже к осени сего года. Во втором случае георешетка

уложена мягко говоря не по технологии. Укладывать Encomat на валуны просто нонсенс.

Заключение

В теории русловедения основными факторами руслоформирования принимаются транспортирующая способность потока, поступление наносов в реку и ограничивающие факторы. Их диссимметрия (отношение) используется как критерий, влияющий на формы русла (относительная транспортирующая способность). На разных системных уровнях относительная транспортирующая способность приводит к разным геоморфологическим эффектам. Большое разнообразие других факторов влияют на русло большей частью не сами, а через влияние на главные факторы. Для прогноза изменения русла необходимо знать не только абсолютные значения параметров системы до и после внешнего воздействия, даже более важно знать направление (вектор, тренд) изменения руслоформирующих факторов. Например, сведения о том, что произойдет увеличение поступления наносов с водосбора или верхнего участка даёт основания предполагать уменьшение транспортирующей способности реки на основе чего можно сделать прогноз изменения морфологических образований и, в общем случае, усиления боковой эрозии. А прогноз увеличения разницы между максимальными и минимальными расходами воды, предполагает активизацию глубинной эрозии.

Проведенный анализ существующих берегостабилизирующих решений показал.

1. Реализованные берегозащитные мероприятия не позволяют стабилизировать русло на участках переходов. Не учтены элементарные механизмы русло формирования. Не определены основные тенденции развития долинного рельефа. Более того, в ряде случаев эти мероприятия являются или будут являться причиной русловых деформаций.

2. Примененные берегоукрепительные конструкции не позволяют решить проблему размыва берегов. Повсеместно наблюдаются низовые размывы. На многих участках происходит разрушение самих конструкций.

3. Основным негативным результатом плановых изменений и донной эрозии русла для нефтегазопровода на наш взгляд будет выход трубы в зону перемещаемого аллювия, что при измеренных скоростях течения рек до 5м/сек вызовет нарушение антикоррозийной изоляции.

4. Следует, вероятно согласиться с сотрудниками Сахалинского филиала ДВГИ РАН, что на крупных реках в случае размыва грунтов обратной засыпки в регулируемом русле (донная эрозия) или новообразованном русле на пойме (плановые перемещения)

трубопровод может быть разрушен и другим способом (*фотоматериалы стр. 8,а*).

5. Руслые перестройки, разрушение пойм, формирование заломов и изменение режима и объема твердого стока будут оказывать существенное и вероятно негативное влияние на рыбные ресурсы.