

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ / LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138>

К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА БЛУЖДАЮЩИХ РЕК НА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДАХ О. САХАЛИН

Научная статья

Вдовенко А.В.<sup>1,\*</sup>, Потапенко Б.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-9543-1369;

<sup>1,2</sup>Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (avdovienko[at]list.ru)

**Аннотация**

Вопросы охраны природы в настоящее время особенно актуальны в связи с необходимостью реализации концепции устойчивого развития и должны быть учтены, в том числе и при проектировании мостовых переходов, приводящих к изменению русловых процессов в долине реки. Для организации рационального природопользования в прибрежных речных территориях следует учитывать последствия от строительства и эксплуатации различных искусственных сооружений. В этой связи вопросы регулирования руслового процесса при строительстве искусственных сооружений являются важными и в данной работе рассматриваются применительно к блуждающим малым рекам о. Сахалин. Рассмотрена роль верховых дамб в регулировании потока и защите земляного полотна подходов к мосту. Теоретические исследования изменений руслового процесса, связанные со строительством мостовых переходов, могут быть использованы при выработке рекомендаций по предотвращению неблагоприятных последствий русловых деформаций.

**Ключевые слова:** русловые процессы, речная экосистема, искусственные сооружения, регулирование русла, дамба, малые реки.

TO THE ISSUE OF REGULATING THE CHANNELIZATION OF WANDERING RIVERS AT BRIDGE CROSSINGS ON SAKHALIN ISLAND

Research article

Vdovenko A.V.<sup>1,\*</sup>, Potapenko B.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-9543-1369;

<sup>1,2</sup>Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

\* Corresponding author (avdovienko[at]list.ru)

**Abstract**

The issues of nature protection are now particularly relevant in relation to the necessity to implement the concept of sustainable development and should be taken into account, including in the design of bridge crossings that lead to changes in channel processes in the river valley. In order to organize rational environmental management in coastal river areas, the consequences of construction and operation of various artificial structures should be taken into account. In this regard, the regulation of channel processes during the construction of man-made structures is an important issue and is addressed in this study in relation to small wandering rivers on Sakhalin Island. The role of upstream dams in regulating flow and protecting the bridge approach subgrade is discussed. Theoretical studies of channel process changes associated with the construction of bridge crossings can be used to develop recommendations for preventing adverse effects of channel deformations.

**Keywords:** channel processes, river ecosystem, artificial structures, channel regulation, dams, small rivers.

**Введение**

Деградация природных ресурсов, техногенное воздействие на окружающую среду и утрата биологического разнообразия сокращают способность речных экологических систем к самовосстановлению. Вопросы охраны природы в настоящее время особенно актуальны в связи с необходимостью реализации концепции устойчивого развития и должны быть учтены, в том числе и при проектировании мостовых переходов, приводящих к искажению русловых процессов в долине реки. Для организации рационального природопользования в прибрежных речных территориях следует учитывать последствия от строительства и эксплуатации различных искусственных сооружений. В качестве мер, снижающих риск возникновения чрезвычайных ситуаций при строительстве сооружений на реках, наиболее эффективными являются совершенствование технологических процессов; повышение качества технологического оборудования и его эксплуатационной надежности; использование технически грамотной проектной и технологической документации, создание и применение передовых систем технологического контроля и технической диагностики, локализации и подавления аварийных ситуаций.

Все мостовые переходы в той или иной степени стесняют паводочные потоки, перераспределяют удельные расходы воды по ширине русла, тем самым увеличивают средние на вертикалях скорости потока, что приводит к нарушению динамического равновесия между потоком и руслом [1]. Помимо этого, изменение гидравлики потока, вызываемое дамбами, перекрывающими поймы, может привести, и довольно часто приводит, к излишней концентрации удельных расходов воды на отдельных участках русла, вызывающей так называемый сосредоточенный размыв.

При проектировании инженерных сооружений на реке с использованием типовых проектов часто не учитываются в необходимом объеме темпы и характер русловых деформаций. Вследствие этого строительство нового инженерного сооружения часто приводит к серьезным последствиям, и река перестает в полной мере исполнять свои «природные функции». Деградация природных ресурсов и утрата биологического разнообразия сокращают способность речных экологических систем к самовосстановлению.

Целью исследования является оценка русловых деформаций осередковых потоков, их прогнозирование, а также анализ взаимодействия с сооружениями мостового перехода для снижения негативного влияния на речную экосистему.

### **Методы и принципы исследования**

Проблемы оптимизации взаимодействия природной и техногенной подсистем прибрежного природопользования рассматривались известными советскими и российскими учёными. Среди работ заслуживают особого внимания исследования П.Я. Бакланова, В.И. Вернадского, С.С. Ганзея, Г.Г. Гогоберидзе, Э. Геккель, В.В. Докучаева, А.М. Короткого, В.С. Корнеевца, В.И. Лымарева, А.Н. Махинова, З.Г. Мирзехановой, А.А. Мурашевой, В.Ю. Новикова, А.Н. Петина, В.Б. Сочавы, Р.С. Чалова, А.В. Шаликовского, Д.А. Шаповалова, И.А. Шикломанова, В.А. и других учёных.

Необходимо отметить, что все виды русловых деформаций уменьшают устойчивость, а, следовательно, и надежность работы мостовых опор. Большинство аварий, приводящих к разрушению мостов, обусловлено русловыми деформациями, что свидетельствует о несовершенстве некоторых методов их расчета. Это, в первую очередь, обусловлено сложностью происходящих процессов, влиянием большого числа определяющих факторов и отсутствием надежной исходной информации [2].

В этой связи вопросы регулирования руслового процесса при строительстве искусственных сооружений являются актуальными и в данной работе рассматриваются применительно к блуждающим малым рекам о. Сахалин.

Речная сеть Сахалинской области представлена 61 178 реками общей протяженностью 93 427 км (густота речной сети 1,07 км на 1км<sup>2</sup>), большая часть которых относится к малым рекам и ручьям. Хорошо известна важность малых рек, их особая ландшафтообразующая и экологическая роль. Для о. Сахалин значимость малых рек усиливается тем, что в них воспроизводятся многие ценные и редкие виды рыб. Питание рек смешанное, для северных рек области характерно преобладание снегового питания (до 60%), для южных – дождевое (до 45%). По типу водного режима большинство рек относится к рекам с паводочным водным режимом. Для рек острова Сахалин характерно русловое блуждание, для которого трудно даже ориентировочно предсказать, где и когда пройдет тальвег паводочного русла и образуются максимальные глубины [3].

Теоретическая и методическая база исследования основывается на использовании системного подхода, результатов исследований отечественных ученых землеустроителей, экологов, географов, гидрологов, собственных исследований авторов. В работе применялись следующие методы исследования: абстрактно-логический, расчетно-аналитический, анализа и синтеза.

Взаимодействие потока с русловыми сооружениями зависит от стока жидкой фазы (вода) и наносов (твердая фаза). Движение твердой фазы стока можно представить, как эпюру мутности, изображающую изменение весового содержания наносов по глубине. Максимальная концентрация соответствует придонному слою, а минимальная – некоторой высоте от дна, соответствующей предельной высоте взвешивания твердых частиц данной крупности. Естественно, изменение скоростного поля потока генерирует подъемные пульсационные силы, взвешивающие частицы, что приводит к взаимообмену между взвешенными и влекомыми по дну частицами.

В заданных гидравлических условиях поток способен перемещать в единицу времени только определенный объем наносов, называемый транспортирующей способностью потока. Ясно, что в зависимости от того, как будет живое сечение пополняться, будет наблюдаться размыв (пополнение наносов меньше транспортирующей способности), а в противном случае – отложение.

Современная теория руслового процесса [4], [5], [6] выделяет типичные виды русел по характеру их переформирования и устанавливает некоторые общие закономерности: ленточногрядовый, побочневый ограниченного, свободного и незавершенного меандрирования и, наконец, русловая многорукавность. Возможны и их комбинации. При этом не все перечисленные типы руслового процесса требуют устройства регуляционных сооружений, обусловленных спецификой деформаций, свойственных данному типу руслового процесса.

### **Основные результаты**

Осередковый тип руслового процесса характерен для рек горно-предгорной зоны и имеет много модификаций, обусловленных топографическими, геологическими и гидрологическими характеристиками данного водотока. Наиболее общим признаком осередкового типа будет распластанное сравнительно мелкое паводочное русло, в котором движутся гряды наносов, частично обсыхающие в межень, образуя осередки и побочни, разделенные извилистыми меженными рукавами. Типичным примером этому определению может служить река Буюклинка (о. Сахалин) (рис. 1). Площадь бассейна реки по створу мостового перехода составляет 132 км<sup>2</sup>. Ее исток – в восточном склоне Камышевского хребта, устье – как протока с правого берега р. Поронай в 14 км от пос. Буюклы и в 104 км от устья Пороная.

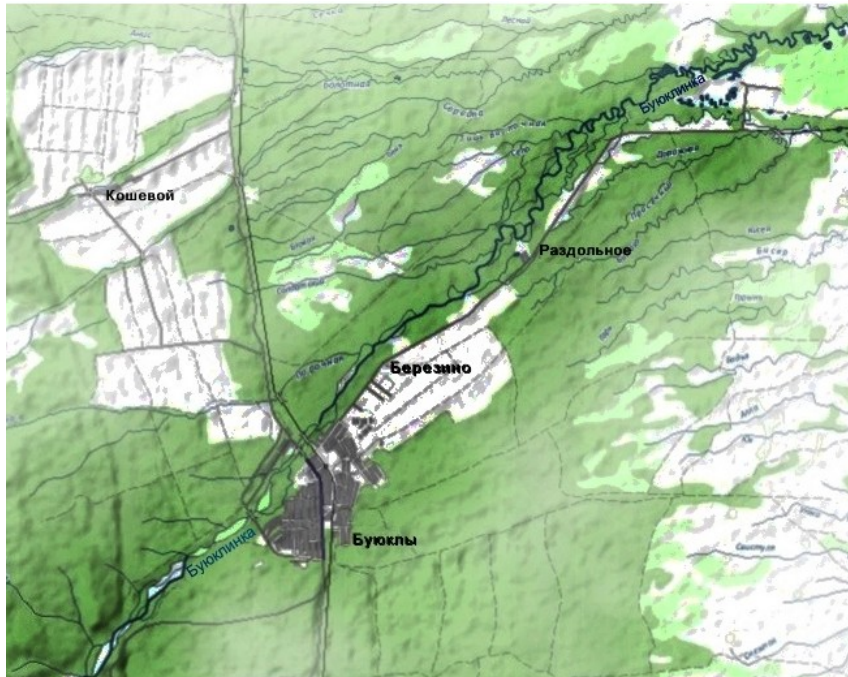


Рисунок 1 - Река Буюклинка, о.Сахалин  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138.1>

Тальвег паводочного русла может скачкообразно перемещаться в поперечном направлении. Для галечно-валунного материала, слагающих русла таких рек, средняя скорость сползания осередков и побочней составляет 10-30 м/год, а в особенно многоводные годы достигает 70-80 м/год и более, как это имеет место на р. Буюклинки.

Подвижные русловые структуры в виде побочней и осередков, образованные высокими паводками, в период малых паводков останавливаются, а иногда и зарастают, транспорт наносов в этом случае осуществляется движением более мелких структур, т.е. по мнению В.В. Ромашина [7], в русловой зоне одновременно формируются, эволюционируют и отмирают различные структурные образования, соответствующие различным уровням транспорта наносов, что обуславливает разветвленность меженного русла и ступенчатость его продольного профиля. Так, уклон р. Буюклинки с верховой стороны моста 0,0125, с низовой – 0,015.

Наконец, в малых горных водотоках с валунным руслом и уклоном  $i > 0,02 - 0,03$  грядовые формы транспорта наносов нивелируются, что дало возможность некоторым исследователям считать для горных рек каноничной безгрядовую форму транспорта наносов [8].

При проектировании регуляционных сооружений необходимо дать оценку двум видам естественных деформаций осередковых русел (русловая многорукавность, русловое блуждание) – деформации берегов паводочного русла и образованию наибольших глубин при расчетном паводке.

На участках горных рек по выходе их на предгорную равнину русло блуждает в широкой русловой зоне, сложенной мелким аллювием (песок, мелкий гравий); поймы на таких участках отсутствуют и русловая зона приподнята над окружающей равниной из-за отложения части наносов. Границы русловой зоны весьма неустойчивы, поэтому расчетную ширину русловой зоны  $B_{зоны}$  определяют, как наибольшую из ширин на 15-20 створах, выбранных на морфологически однородном участке реки.

При невозможности произвести такое определение зону блуждания галечниковых русел можно оценить по формуле С.Т. Алтунина [9]:

$$B_{зоны} = k_A \bar{Q}^{0,5} / i^{0,2} \quad (1)$$

где  $k_A = 10 \div 12$ ;  $\bar{Q}$  – средний паводочный расход, м<sup>3</sup>/с;

$i$  – продольный уклон на участке реки.

Во время паводка часть мелкого аллювия транспортируется во взвешенном состоянии и глубины в русле растут как за счет приращения уровня воды, так и за счет саморазмыва. На спаде паводка часть взвешенных наносов снова становится влекомой и на межени переходит в отложения, чем и может быть объяснена исключительная подвижность и изменчивость русловых форм за один паводок.

Для определения средней глубины блуждающего русла с учетом его саморазмыва в паводок приведена приближенная формула, основанная на предположении прекращения размыва при равенстве  $V_{ср} \approx V_{дин}$  [10]:

$$H_{ср.сам} \approx (Q_{p\%} / B_p V_1 \beta)^y \quad (2)$$

где  $Q_{p\%}$  – расход воды на пике паводка вероятности превышения  $p\%$ ;

$B_p$  – ширина русла по урезам воды при  $Q_{p\%}$ ;

$V_1$  – скорость динамического равновесия при глубине 1м, м/с;

$b$  и  $y$  – параметры, зависящие от  $p\%$  и средней крупности аллювия  $d$  мм соответственно.

Смысл безразмерного коэффициента продиктован тем, что транспорт наносов при русловом процессе происходит со скоростью динамического равновесия, причем чем реже паводок, тем эта скорость больше и динамическое равновесие русла сохраняется соответственным увеличением расхода наносов. При чаще повторяющихся паводках происходит обратное явление.

Максимальная глубина блуждающего русла может образовываться на любой вертикали створа при спаде паводка. Она не зависит от максимального расхода паводка и связана с местным увеличением расхода на вертикали вследствие сжатия потока крупными осередками. Максимальную глубину вычисляют по формуле:

$$h_{\max} \approx N_b H_{\text{ср.сам}} \quad (3)$$

где  $N_b$  – коэффициент, зависящий от  $V_{\text{зоны}}$  и принимаемый  $2 \leq N \leq 5$ , причем меньшее значение принимают для створов в теснинах, а наибольшее – для равнины, где  $V_{\text{зоны}}$  имеет максимальное значение.

Для менее подвижных осередковых русел, сложенных крупным аллювием (галька, валунник), вследствие наличия в русловой зоне структурных образований, относящихся к различным уровням транспорта наносов и развитием попятного размыва (ступенчатая форма продольного профиля), также бывает трудно установить устойчивую ширину русла  $V_{\text{уст}}$ ,  $V_{\text{зоны}}$ ,  $H_{\text{уст}}$ ,  $H_{\text{ср.сам}}$  и  $h_{\max}$  непосредственными измерениями. Для таких русел можно воспользоваться рекомендациями методических указаний [11], согласно которым:

$$V_{\text{уст}} \approx 2,6 (Q_{p\%} / (gi)^{0,5})^{0,4} \quad (4)$$

Ширина зоны блуждания  $V_{\text{зоны}}$  для таких русел часто ограничена бортами горной долины и определяется по местным признакам.

Средняя глубина на прямолинейном устойчивом участке русла:

$$H_{\text{уст}} = (0,33 / i^{0,03}) (Q_{p\%} / g^{0,5})^{0,4} \quad (5)$$

Для сильно мутных и переходных к селевым потокам в формуле (4) коэффициент 2,6 повышают до  $2,8 \div 3,0$ , а 0,33 в (5) – до  $0,35 \div 0,37$  соответственно.

Максимальная глубина в тех же условиях:

$$h_{\max} = (0,5 / i^{0,03}) (Q_{p\%} / g^{0,5})^{0,4} \quad (6)$$

где  $Q_{p\%}$  – расход воды вероятности превышения  $p \leq 10\%$

На различных участках горных и предгорных потоков кроме деформаций русловых мезоформ (побочней, осередков) идет попятный размыв, водоток может как врезаться в долину, так и повышать ее дно, откладывая наносы на участках, где идет только транспорт поступающих наносов, продольный профиль водотока находится в состоянии устойчивого динамического равновесия. В этом случае уклон динамически устойчивого русла  $i_{\text{уст}}$  [12] находится по формуле:

$$i_{\text{уст}} = a (Q_{p\%} / (gi)^{0,5})^{0,4} \quad (7)$$

где  $d$  – средний диаметр русловых отложений, м. Значения коэффициента  $a$  и показателя степени  $x$  принимаются в зависимости от отношения  $d/H_{\text{уст}}$

При  $i_{\text{быт}} > i_{\text{уст}}$  происходит врезание, а при  $i_{\text{быт}} < i_{\text{уст}}$  – отложение наносов.

Согласно [11], величина  $H_{\text{уст}}$  может быть определена по формуле (5), так как при  $V_{\text{быт}} = V_{\text{дин}}$  русло приобретает устойчивую форму; величина  $V_{\text{уст}}$  также может быть получена преобразованием (4):

$$V_{\text{уст}} = Q_{p\%} / V_p V_1 \beta H_{\text{уст}}^{1/y} \quad (8)$$

а величина  $h_{\max}$  приближенно по формуле:

$$h_{\max} \approx 0,8 d^{3/4} / i^{0,38} \quad (9)$$

где  $d_{\max}$  – максимальный диаметр русловых отложений, м.

В устьях горных водотоков, несущих большой объем наносов, формируются конусы выноса, подразделяющиеся на два основных типа:

1) активные, когда вся поверхность конуса – действующая и паводочный поток, наращивая ее после спада, оставляет сеть мелких русел, обычно пересыхающих в межень и изменяющихся после каждого паводка;

2) реликтовые (древние конусы), где сток осуществляется в четко выраженном русле, врезанном в поверхность конуса, где движутся побочни и осередки.

На конусах выноса первого типа необходимо определить интенсивность наращивания поверхности конуса и проектировать регуляционные сооружения с учетом возможного повышения отметок земли за расчетный срок эксплуатации мостового перехода. При этом следует иметь в виду, что с наращиванием поверхности конуса продольный уклон его уположивается, что повлечет за собой изменение гранулометрического состава отложений и их интенсивности.

На реликтовых конусах прогнозируют величины  $V_{\text{уст}}$ ,  $H_{\text{уст}}$ ,  $h_{\max}$  и  $i_{\text{ест}}$ , а также  $V_{\text{зоны}}$  блуждания, величину которой принимают равной максимальной ширине врезанного в конус русла в его бровках. На конусах этого типа обычно  $i_{\text{уст}} < i_{\text{быт}}$  и наблюдается выработка профиля равновесия русла, что также должно быть учтено при проектировании.

В естественных, не стесненных сооружениями условиях идет эволюционирование деформаций русел блуждающих рек. Естественно, возникает вопрос, будут ли эти деформации после сооружения мостового перехода,

останется ли неизменным их тип и интенсивность. Имеющийся опыт эксплуатации мостовых переходов через блуждающие реки на о. Сахалин, а также результаты исследования Б.В. Снищенко относительно руслового процесса, развивающегося внутри русла без участия поймы (ленточные гряды, побочни, осередки), позволяют констатировать, что русловой процесс не изменяет своего типа под влиянием регуляционных сооружений мостового перехода.

На о. Сахалине нередки случаи (р. Лютога) проектирования мостовых переходов в районах гидротехнических сооружений; в этом случае необходимо получить данные прогноза изменения руслового процесса на участке мостового перехода. Изъятие больших объемов руслового аллювия может изменить характер руслового процесса на нижележащих участках русла.

Блуждающие осередковые русла наблюдаются как на больших реках в предгорной зоне с широкой аллювиальной долиной, сложенной мелкозернистыми грунтами, так и на малых горных реках, текущих по валунному ложу ступенчатого продольного профиля.

Русла с ложем из гальки, мелкого валуна характерны для предгорных участков средних и небольших рек. В зависимости от климатических условий эти русла имеют некоторые различия.

### Обсуждение

Во влажной зоне о. Сахалин часть русловых мезоформ перемещается только в высокие паводки, покрыта наилком и имеет растительность. Срезка внемеженной части таких мезоформ увеличит пропускную способность русла и улучшит условия пропуска карчехода, нередкого на этих реках.

При варианте мостового перехода со стеснением зоны блуждания галечно-валунного русла применяют капитальные регуляционные сооружения в виде продольных дамб, постепенно сужающих зону блуждания до величины отверстия моста. Когда зона блуждания приподнята над окружающей местностью и возможны переливы воды через бровки русловой зоны, продольные дамбы сопрягают с дамбами обвалования.

Дамбы отсыпают из грунта с укреплением напорного откоса соответственно величинам скоростей течения, наката ветровой волны, а также наличия карчехода и ледохода. Ширину дамб поверху принимают 3 м, редко до 5 м, заложение откосов – 1,75, 3,0 в зависимости от вида грунта, слагающего тело дамбы и величины напора. Для отсыпки дамб пригодны оптимальные песчано-гравийные смеси, пески, супеси и глины; фильтрационные свойства этих грунтов определяют поперечные размеры дамб.

Для понижения депрессии, недопущения ее выхода в не напорный (низовой) откос, в теле дамбы устраивают противофильтрационные устройства в виде зуба, экрана, ядра или шпунта. В противном случае на низовом откосе проектируют дренаж. Примерные поперечные профили дамб приведены на рисунке 2.

Верховые дамбы наряду с регулированием потока выполняют функцию защиты земляного полотна подходов к мосту, поэтому отметка их верха на всем протяжении должна быть рассчитана на безопасный пропуск паводка той же вероятности превышения  $P\%$ , что и бровка земляного полотна. На эту же вероятность должен быть рассчитан верх дамб обвалования, сопряженных с русловыми дамбами.

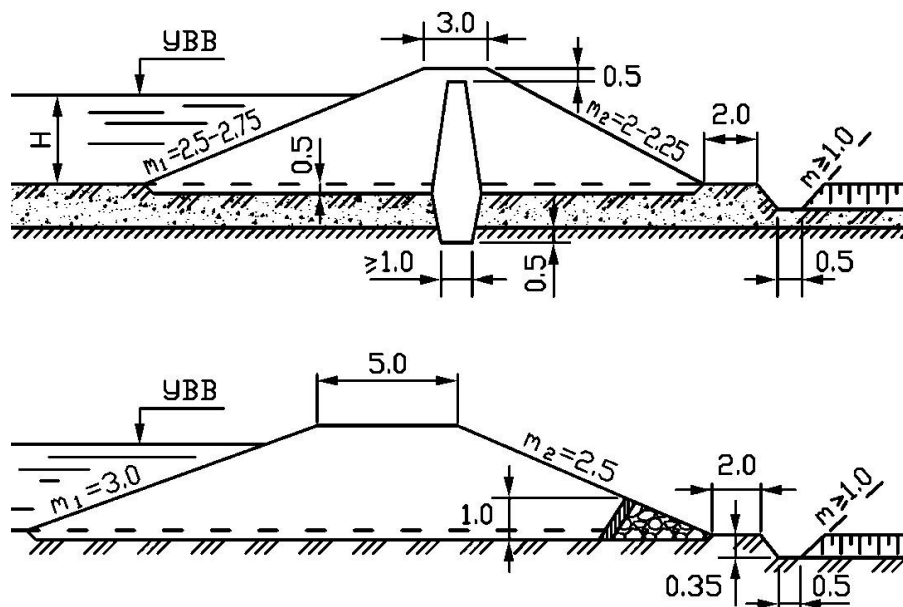


Рисунок 2 - Примерные поперечные профили дамб

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138.2>

Длину верхового фронта регулирования в случае перегибных дамб В.И. Кулиша можно принимать из условия:

$$D_{ф.р.} \approx (0,5 \div 1,0) L_{ов} \quad (10)$$

Головная часть дамбы должна быть врезана в берег на длину, исключающую обход дамбы протоком при расширении зоны блуждания до величины, подсчитанной по формуле (1), а также надежно сопряжена с дамбой обвалования.

Укрепление подошвы напорного откоса массивной русловой дамбы (или укрепления берега) назначают с учетом возможного образования максимальной глубины  $h_{\max}$  при свале стрежня потока к начавшемуся вырисовываться вогнутому берегу русла. Величину  $h_{\max}$  вычисляют по формуле:

$$h_{\max} \approx N_B H_{уст} = N_B Q_{p\%} / V_{уст} (V_1 \beta)^y \quad (11)$$

причем значения коэффициента  $N_B$  принимают с учетом размеров стеснения потока дамбами в рассматриваемом сечении.

Устройство описанных выше массивных русловых дамб и дамб обвалования целесообразно в сравнительно узких речных долинах при наличии коренных склонов долины. Если блуждающее русло глубоко врезано в долину или сооружение дамб обвалования затруднительно, возможен вариант регулирования русла системой поперечных шпор, распложенных как в [11] вместе с вариантом перегибных дамб [10], рисунок 3.

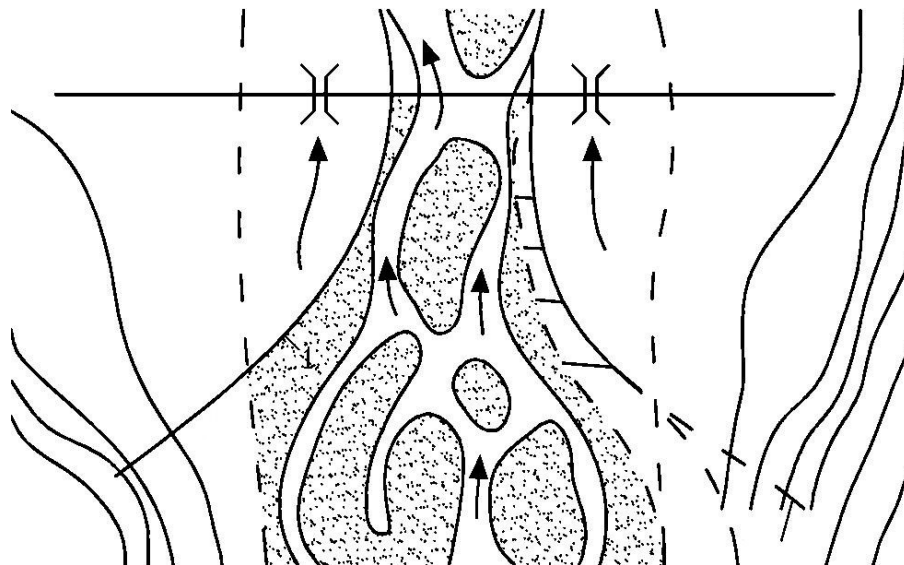


Рисунок 3 - Перегибные дамбы  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138.3>

Большая часть головной русловой дамбы, как и корневые части верхних поперечных шпор, во избежание обхода ее при образовании ковша размыва, должны быть врезаны в борта русловой зоны берега. Такая врезка гарантирует обхода потоком голов дамб при расширении зоны блуждания.

Для определения типа укрепления напорных откосов дамб и их подошв необходимо рассчитать наибольшие глубины, которые могут образоваться у дамб при свале к ним стрежня потока. Эти глубины зависят от средних глубин в данном сечении и возможности блуждания постепенно стесняемыми дамбами русла. Наибольшие глубины определяют обычно для четырех сечений, начиная с головы дамбы к створу моста.

Блуждающие русла с поймами. Русловая зона таких рек врезана в пойменную долину и интенсивность деформаций русловых мезоформ меньше, чем у безпойменных блуждающих рек. Эта модификация руслового блуждания типична для средних и крупных рек Дальнего Востока. Сюда может быть, к примеру, отнесена река Буюклинка о.Сахалин. Створы мостовых переходов таких рек выбирают в наиболее узкой части русловой зоны, а отверстия мостов, как правило, назначают не менее ширины русловой зоны ( $V_{p.зоны}$ ):

$$L_{ов} \geq V_{p.зоны} \quad (12)$$

Русловое регулирование в этом случае сводится к устройству береговых опоясок, закрепляющих положение зоны блуждания на участке мостового перехода. Немеженную часть обычно заросших осередков островного типа, расположенных в створе перехода, рекомендуется срезать или предусматривать периодическую расчистку растительности.

Мероприятия, ограничивающие уширение русла в створе моста, состоят в укреплении берегов блуждающего русла в его пойменных бровках или с устройством под защитой откосного укрепления берегов дамб обвалования.

Очертание укрепленных берегов в плане зависит от их естественного очертания и должно обеспечить плавное сопряжение уширенного русла перед мостом со сжатым сечением в створе моста и такое же плавное сопряжение сжатого сечения с естественной шириной русла ниже моста.

Размеры защитного фронта зависят от местных условий – крутизны склонов пойменных берегов блуждающего русла, геологического строения их, величины местных скоростей течения при расположении плесовой лоцины у данного берега и других местных факторов.

Фронт защиты берега может быть создан как поперечными сооружениями, активно воздействующими на поток (шпорами, полузапрудями), так и продольными дамбами, береговыми опоясками с дамбами обвалования, рисунок 4.

Воздействие малой протяженности защитного фронта, а также ввиду нежелательности возникновения резких изменений скоростного поля (потока вихрей, водоворотных зон и т.п.) у створа моста применяют, как правило, лишь

продольные сооружения. Наиболее часто применяют береговые опояски, представляющие собой планировку обрывистого берега по плавной кривой или прямой линии в плане с однообразной крутизной откоса заложением  $m = 2-3$  в зависимости от геологического строения берега и принятого типа укрепления.

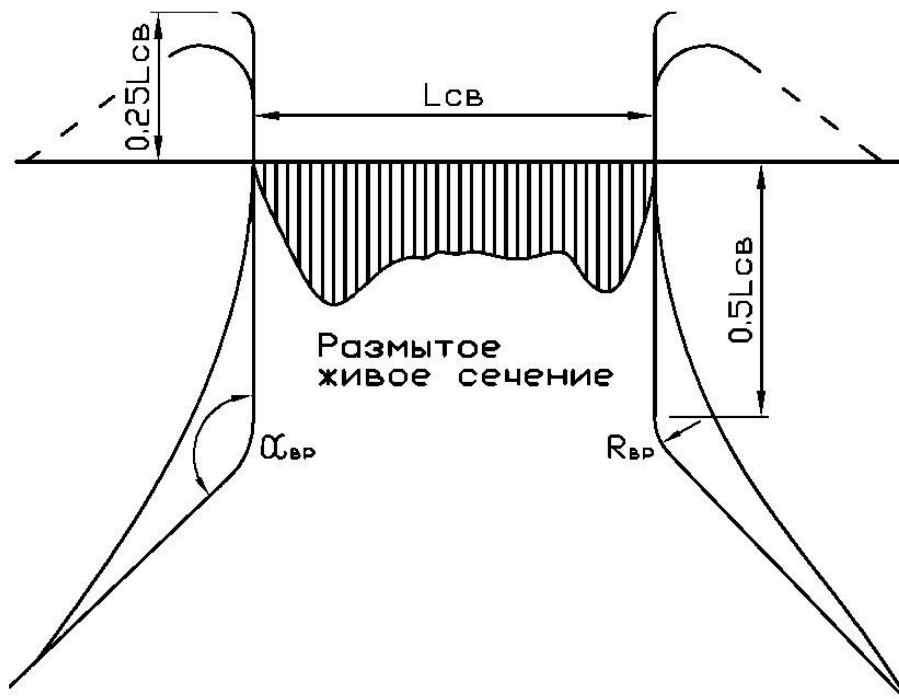


Рисунок 4 - Фронт защиты берега  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138.4>

Врезку защитного фронта в берег выполняют устройством погребенного откоса, продолжающего откос береговой опояски с тем же типом укрепления, рисунок 5.

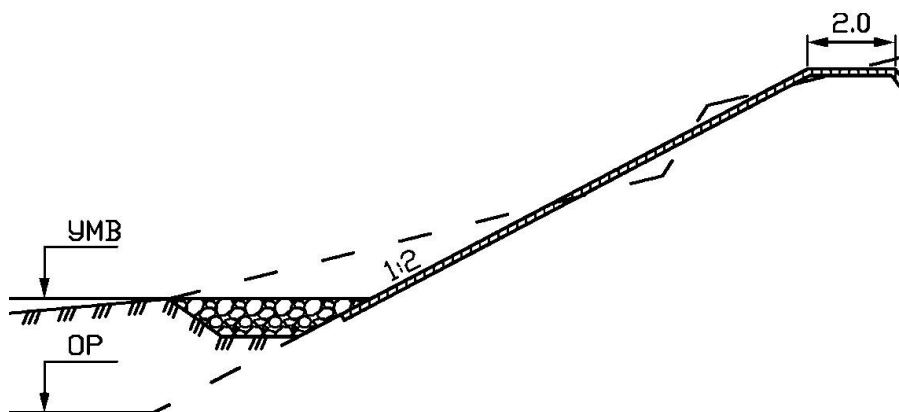


Рисунок 5 - Устройство погребенного откоса  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.138.5>

Врезка заканчивается короткой головной частью, повернутой в сторону поймы на угол  $90^\circ$  и очерченной радиусом:

$$r_{\Gamma} = 0, 1l_{впр} \quad (13)$$

Укрепление откосов опояски и врезки назначаются в соответствии с действующими нормативно-техническими рекомендациями в зависимости от расчетных условий воздействия на сооружения течения, ледохода, карчехода и волнобоя. Принятый тип укрепления откосов должен быть обеспечен от подмыва основания откоса устройством берм или рисберм из каменных набросков. Поскольку при расчетном уровне высоких вод (УВВ) верх опояски будет затоплен, он также укрепляется на ширину 2-3 м и сопрягается с поверхностью поймы рисбермой, как это показано на рисунке 5.

**Заключение**

Представленная в работе оценка закономерностей руслового процесса позволяет своевременно принимать меры (устройство струенаправляющих дамб, защитных сооружений и др.) по улучшению эксплуатации инженерных сооружений на малых реках о. Сахалин (водозаборов, мостов, причалов, переходов через реки, трубопроводов и пр.), прогнозировать будущее переформирование русел рек.

При экологической оценке природных проявлений русловых процессов основной задачей является учет и предвидение русловых деформаций с целью предотвращения неблагоприятного с точки зрения хозяйственной деятельности развития процессов и использовании закономерностей их режима при освоении и регулировании рек. Это позволит управлять русловыми процессами малых рек острова для достижения нормальной эксплуатации инженерных сооружений и в наибольшей мере предотвращать неблагоприятные экологические последствия для ихтиофауны. Выполненный в статье анализ взаимодействия руслового процесса с сооружениями мостового перехода, предлагается использовать при разработке рекомендаций по предотвращению неблагоприятных последствий русловых деформаций связанных со строительством на реках.

**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. Мурашева А.А. Экологический ущерб и природоохранные мероприятия на мостовых переходах острова Сахалин / А.А. Мурашева, А.В. Вдовенко, И.А. Басова [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2018. — № 1. — С. 316–327.
2. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Н.Б. Барышников. — Ленинград: ЛГМИ, 1990. — 140 с.
3. Вдовенко А.В. Природообустройство дальневосточных прибрежных территорий / А.В. Вдовенко. — Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. — 168 с.
4. Беркович К.М. Экологическое русловедение / К.М. Беркович, Р.С. Чалов. — Москва: ГЕОС, 2000. — 332 с.
5. Махинов А.Н. Формирование рельефа русел и берегов рек / А.Н. Махинов, Ш. Лю. — Хабаровск: ДВО РАН, 2013. — 174 с.
6. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика: Морфодинамика речных русел / Р.С. Чалов — Москва: Красанд, 2011. — Т. 2.
7. Ромашин В.В. Свойства руслового блуждания / В.В. Ромашин // Труды ГГИ. — 1975. — № 225. — С. 5-15.
8. Бегам Л.Г. Регулирование водных потоков при проектировании дорог / Л.Г. Бегам, В.С. Алтунин, В.Ш. Цыпин. — Москва: Транспорт, 1977. — 304 с.
9. Алтунин С.Т. Регулирование русел / С.Т. Алтунин. — Москва: Сельхозиздат, 1962. — 352 с.
10. Бегун С.Е. Элементы экстремального эволюционирования, экономика, эффективность (мостовые переходы на сети автомобильных дорог) / С.Е. Бегун, А.В. Вдовенко, В.И. Кулиш. — Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 1999. — 247 с.
11. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. — М.: Колос, 1972. — 62 с.
12. Рекомендации по расчету отверстий мостов на реках горно-предгорной зоны. — М., 1990. — 33 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Murasheva A.A. Ekologicheskij usherb i prirodoohrannye meroprijatija na mostovyh perehodah ostrova Sahalin [Ecological damage and environmental activities on the bridge transitions of Sakhalin] / A.A. Murasheva, A.V. Vdovenko, I.A. Basova [et al.] // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle [News of the Tula state university. Sciences of Earth]. — 2018. — № 1. — P. 316–327. [in Russian]
2. Baryshnikov N.B. Antropogennoe vozdejstvie na ruslovyje protsessy [Anthropogenic impact on the riverbed processes] / N.B. Baryshnikov. — Leningrad: LGMI, 1990. — 140 p. [in Russian]
3. Vdovenko A.V. Prirodobustrojstvo dal'nevostochnyh pribrezhnyh territorij [Environmental engineering of far eastern coastal areas] / A.V. Vdovenko. — Habarovsk: Publishing house of TOGU, 2014. — 168 p. [in Russian]
4. Berkovich K.M. Ekologicheskoe ruslovedenie [Ecological study of river channels] / K.M. Berkovich, R.S. Chalov. — Moskva: GEOS, 2000. — 332 p. [in Russian]
5. Mahinov A.N. Formirovanie rel'efa rusel i beregov rek [Formation of the riverbed reliefs and river banks] / A.N. Mahinov, S. Lju. — Habarovsk: DVO RAN, 2013. — 174 p. [in Russian]
6. Chalov R.S. Ruslovedenie: teorija, geografija, praktika: Morfodinamika rechnyh rusel [Russian studies: theory, geography, practice: Morphodynamics of riverbeds] / R.S. Chalov. — Moscow: Krasand, 2011. — Vol. 2. [in Russian]
7. Romashin V.V. Svojstva ruslovogo bluzhdanija [Properties of riverbed wandering] / V.V. Romashin // Trudy GGI [Works of GGI]. — 1975. — № 225. — P. 5-15. [in Russian]



8. Begam L.G. Regulirovanie vodnyh potokov pri proektirovanii dorog [Regulation of the water flows in road design] / L.G. Begam, V.S. Altunin, V.Sh. Tsypin. — Moscow: Transport, 1977. — 304 p. [in Russian]
9. Altunin S.T. Regulirovanie rusel [Regulation of the riverbeds] / S.T. Altunin. — Moscow: Sel'hozizdat, 1962. — 352 p. [in Russian]
10. Begun S.E. Elementy ekstremal'nogo evoljutsionirovaniya, ekonomika, effektivnost' (mostovye perekhody na seti avtomobil'nyh dorog) [Elements of extreme evolution, economics, efficiency (bridge crossings on the highway network)] / S.E. Begun, A.V. Vdovenko, V.I. Kulish. — Habarovsk: Publishing house of KHSTU, 1999. — 247 p. [in Russian]
11. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ustoychivyykh allyuvial'nykh rusel gornykh rek pri proektirovanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Guidelines for the calculation of stable alluvial mountain river canals while designing the hydraulic structures]. — Moscow: Kolos Publ., 1972. — 62 p. [in Russian]
12. Rekomendatsii po raschetu otverstiy mostov na rekakh gorno-predgornoy zony [Recommendations for the calculation of bridge openings on the rivers of the mountain-foothill zone]. — M., 1990. — 33 p. [in Russian]