

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

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.138>

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСКУССТВЕННОГО СООРУЖЕНИЯ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Научная статья

Вдовенко А.В.^{1,*}, Вдовенко В.А.²¹ ORCID : 0000-0002-9543-1369;^{1,2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

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

Аннотация

Для организации рационального природопользования в прибрежных речных территориях следует учитывать последствия от строительства и эксплуатации различных искусственных сооружений. В этой связи в работе рассмотрены вопросы формирования актуальной и своевременной информации, опирающейся на планомерный, регулярный сбор данных, их формирование и обработку. Предложено при отсутствии ряда наблюдений определять максимальный расход заданной вероятности по расчетным формулам. Рассмотрено влияние генезиса паводков (применительно к югу дальнего востока) на условия эксплуатации искусственного сооружения. Сформулированные предложения рекомендовано использовать в процессе проектирования, строительства и эксплуатации регуляционных и иных искусственных сооружений.

Ключевые слова: искусственное сооружение, информация, паводок, природная среда, речной бассейн, регуляционное сооружение.

GATHERING INFORMATION TO REGULATE THE INTERACTION BETWEEN ARTIFICIAL CONSTRUCTIONS AND THE NATURAL ENVIRONMENT IN COASTAL AREAS

Research article

Vdovenko A.V.^{1,*}, Vdovenko V.A.²¹ ORCID : 0000-0002-9543-1369;^{1,2} Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

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

Abstract

In order to organise rational nature management in coastal river areas, the consequences of the construction and operation of various artificial structures should be taken into account. In this regard, the paper examines issues related to the generation of relevant and timely information based on systematic, regular data collection, compilation and processing. It is suggested that, in the absence of a number of observations, the maximum flow rate of a given probability should be determined using calculation formulas. The influence of flood genesis (as applied to the south of the Far East) on the operating conditions of artificial structures is reviewed. The formulated proposals are recommended for use in the design, construction and operation of regulatory and other artificial structures.

Keywords: artificial construction, information, flood, natural environment, river basin, regulatory construction.

Введение

Катастрофические явления и чрезвычайные ситуации на водных объектах России во многом связаны с недостаточностью информации в системе мониторинга земель речных прибрежных территорий. На это указывают и ученые Института водных проблем РАН АН. Например, В.И. Данилов-Данильян в работе [1] отмечает, что качество, заблаговременность и оправдываемость гидропрогнозов в России отстают от современного уровня.

На русловые процессы оказывает влияние большое количество природных и антропогенных факторов — объем и режим стока воды, объем и состав наносов, геоморфология долины, строение берегов, хозяйственная деятельность человека, строительство искусственных сооружений [2]. В целом техногенные изменения русел по масштабам воздействий и последствий преобразований превзошли естественные русловые переформирования, в том числе происходящие в результате антропогенных изменений природных условий на водосборах [3].

Методы и принципы исследования

Проблемы оптимизации природопользования в речных бассейнах рассматривались известными советскими и российскими учёными. Среди работ заслуживают особого внимания исследования П.Я. Бакланова, Б.А. Воронова, В.И. Данилова-Данильяна, С.С. Ганзея, В.В. Докучаева, А.М. Короткого, В.И. Лымарева, Н.И. Маккавеева, А.Н. Махинова, А.А. Мурашевой, В.Ю. Новикова, В.Б. Сочавы, Р.С. Чалова, А.В. Шаликовского, В.В. Шабанова и других учёных [4], [5], [6]. Однако вопрос о роли формирования информации для мониторинга и регулирования взаимодействия инженерного сооружения и природной среды в дальневосточных прибрежных территориях остается недостаточно освещенным.

Задача регулирования русловых процессов в прибрежных речных территориях состоит в том, чтобы в условиях действия факторов урбанизации, отрицательно сказывающихся на ходе русловых процессов, обеспечить необходимые

гидравлические, эксплуатационные, санитарно-гигиенические и экологические показатели речного русла и реки в целом.

Для организации оптимального взаимодействия искусственного сооружения и природной среды в прибрежных речных территориях следует учитывать последствия от строительства и эксплуатации различных объектов капитального строительства [7]. В этой связи вопросы формирования информации для регулирования работы сооружений в речных бассейнах являются актуальными.

От того, как выполняют свои функции регуляционные сооружения и укрепления, зависит в целом работа мостового перехода, устойчивость моста и земляного полотна подходов при воздействии водных потоков в речном бассейне.

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

Цель исследования — оценить роль информационного сопровождения работы искусственных сооружений в прибрежной речной территории и предложить перечень факторов, которые необходимо учитывать для организации рационального природопользования.

Основные результаты

Речной поток являет собой взаимодействие жидкой фазы с твердой фазой (грунтовым ложем), что и определяет русловый процесс. Русловый процесс вызывает изменение очертания берегов русла, образование пойменных староречий, перемещение островов, побочней и осередков [8]. На русловый процесс влияют ряд факторов, определяющих тип реки и, в первую очередь, ее водность, скорость течения, род и крупность грунтового русла и берегов, особенности гидрологического режима. Важную роль в активности русловых процессов играет высота берегов и их залесенность. С увеличением продолжительности паводков, скоростей течения, уменьшением частиц грунта интенсивность русловых процессов возрастает. В связи с отмеченным, можно дать следующую классификацию типов рек:

– для равнинных рек характерны русло и поймы при скорости пропускаемого потока на поймах 0,2–0,5 м/с. Уклоны равнинных рек невелики — до 0,0005;

– предгорные реки характеризуются уклонами в пределах 0,0005–0,005 и скоростями от 1,5 до 3,0 м/с.;

– горные реки характеризуются уклонами 0,005–0,05 и скоростями 2,5–5,0 м/с.

Основная задача регуляционных сооружений — направление потока под мост — решается в зависимости от топографических, гидрологических и геологических условий, определяющих тип руслового процесса пересекаемой реки [9].

На предгорной реке с блуждающим руслом и весьма интенсивным русловым процессом поймы практически отсутствуют. Русло представляет собой сеть постоянно изменяющихся проток, протекающих среди отложений, переносимых потоком. Протоки и наносные скопления составляют зону блуждания эволюционирующего русла. Ясно в этом случае, что отверстие искусственного сооружения (моста) должно быть меньше зоны блуждания, поэтому задача регуляции здесь — направление потока с зоны блуждания в подмостовое отверстие.

Для проектирования системы регуляционных сооружений необходима следующая информация о расчетных гидрологических параметрах: гидрографы расчетных и максимальных паводков, на ступенях которых отмечают:

– соответствующий расход и уровень;

– значения скоростей и направлений течений в местах расположений регуляционных сооружений;

– характер ледохода;

– род и характер грунтов в основании (особенно напорных) сооружений.

В качестве расчетного принимают паводок, максимальный расход которого имеет вероятность превышения, соответствующую нормам. Так как изыскания трудно приурочить к действию расчетных паводков, то прибегают к схематизации модели, например, реальных гидрографов, базирующейся на имеющихся наблюдениях по данной реке или реке-аналоге.

Максимальный расход заданной вероятности определяют при наличии ряда наблюдений на основании обработки его методами математической статистики, а при отсутствии наблюдений, например, по расчетным формулам, основанным на оценке ресурса возможности, использованием метода аналогий или, в крайнем случае, по рекомендации по формуле вероятности превышения паводка

$$P_{\%} = 70/N \quad (1)$$

где N — число лет, за которое паводок показан старожилками как наивысший.

Скорости течения вдоль струенанправляющих дамб определяют при расчете размыва под мостом и выбирают наибольшую за период расчетного паводка. Скорости течения в бытовых условиях, если отсутствуют натурные наблюдения, определяют по формуле Шези-Маннинга для данной глубины и уклона, задаваясь коэффициентом шероховатости:

$$v = c(hi)^{\frac{1}{2}} = h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} / n \quad (2)$$

где i — уклон водной поверхности; c — коэффициент Шези; n — коэффициент шероховатости.

$$Q_p = Q / (1 + \sum (K_{\Pi} / K_p)_i) \quad (3)$$

где $\Sigma(K_n/K_p)$ — сумма отношений расходных характеристик частей живого сечения K_n (поймы, протоки) к расходной характеристике русловой части K_p .

Отношение расходной характеристики какой-либо части сечения к расходной характеристике русла определяется по формуле

$$K_n/K_p = (\omega_n/\omega_p)(h_n/h_p)^{3/4}(n_n/n_p) \quad (4)$$

где ω_n , ω_p — площади живого сечения анализируемой его части и русла; h_n , h_p — соответствующие средние глубины с коэффициентами шероховатости n_n , n_p .

$$Q_{ni} = Q_p(K_n/K_p)_i \quad (5)$$

Средняя скорость течения воды по этой части сечения:

$$\bar{v}_i = Q_{ni}/\omega_{ni} \quad (6)$$

При проектировании регуляционных сооружений необходимо учитывать и ряд специфических особенностей, связанных с определенным типом реки.

Размещение отверстия моста и величина стеснения потока существенным образом сказывается на размерах дамб и типе их укреплений, которые влияют на русловой процесс наряду с рельефом ложа дна, наличия проток. Также при проектировании регуляционных сооружений должны учитываться условия судоходства и сплава и перспективы их развития. Кроме того, следует учесть перспективы использования реки в хозяйственных целях, а также устройство гидротехнических сооружений, дамб обвалования, мелиоративные работы в бассейнах водотоков.

Обсуждение

Проектирование регуляционных сооружений базируется на результатах теоретических и экспериментальных исследований, а также опыте проектирования, строительства и эксплуатации. Однако многообразие условий, которые в отдельных сложных случаях приходится учитывать, вызывает необходимость моделирования вариантов регулирования и выбора проектного решения.

К факторам, определяющим условия эксплуатации регуляционных сооружений относятся, прежде всего, природные факторы. Такие как гидрологические, топографические (рельеф), геологические (почвенно-грунтовые), а также те изменения этих факторов, которые определяются антропогенным вмешательством в природу в целях сельскохозяйственного освоения земель, прокладки коммуникаций, строительства и экологической деятельности [10].

При натурном моделировании выполняется замена изучения явления в натуре исследованием аналогичного явления в натуре на объекте меньшего масштаба и установление связи между ними. Такой подход дает возможность из массы сооружений сопоставить два наиболее близких объекта и оценить работоспособность рассматриваемого объекта с аналогами (аналогами) и дать прогноз русловых деформаций.

Наличие систематизированной информационной базы позволит дать более правдоподобный прогноз местного и общего размывов на блуждающих участках рек при учете нестационарности русловых деформаций.

Рассмотрим влияние генезиса паводков на условия эксплуатации мостового перехода. Ввиду быстрого движения дождевой паводочной волны прогноз паводка может быть только краткосрочным. Следовательно, заблаговременно нельзя иметь представление, когда и какой высоты пройдет паводок. Ввиду интенсивных подъемов и спадов, и короткого стояния максимальных уровней дождевых паводков — водоборьба при прохождении их малоэффективна.

Половодье от снеготаяния достаточно точно верифицируется по времени и может корректироваться из-за медленного подъема уровней и большой продолжительности стояния максимального уровня. За это время можно отработать концепцию водоборьбы и запастись необходимыми материалами.

Так, например, данные о расчетных расходах мостовых переходов на реках острова Сахалин, построенных до предвоенного времени, верифицируются превышением 1 раз в 20 лет (вероятность 5%), но нередко наблюдались и паводки с большим расходом. В результате статистического анализа информации оказалось, что при отношении фактического расхода к расчетному до 1,5 нормальные условия эксплуатации не нарушаются; при отношении 1,5–2,5 возможны различные условия эксплуатации от близких к нормальным до разрушения сооружения (60% сооружений эксплуатируются с известными затруднениями, а 40% разрушаются). При соотношении расходов больше 2,5 сооружения во всех случаях практически разрушаются [8]. Отсюда следует, что коэффициенты вариации максимальных расходов характеризуют возможную относительную перегрузку сооружений расходом воды. Сооружения, рассчитанные по одинаковым нормам вероятности, работают при малых значениях коэффициента вариации C_v в легких условиях, при больших — в тяжелых.

Для дождевых паводков коэффициенты вариации максимальных расходов выше, чем для весенних и возрастают в направлении на юг. Коэффициенты вариации дождевых паводков находятся в обратной зависимости от площади бассейна, т.е. чем меньше площадь бассейна, тем больше C_v .

С ростом коэффициента вариации условия эксплуатации усложняются, и при $C_v = 1$, когда расчетный расход будет превышен на 77%, будут уже возможны повреждения сооружений. При $C_v = 1,5$ расчетный расход будет превышен вдвое — сооружение если и не разрушается, то сильно повреждается.

Кроме этого при дождевом стоке наблюдается и количественная абсолютная перегрузка расходом воды. Это можно установить по карте модуля дождевого стока для вероятности 1% и площади бассейна 200 км², у которых Q_{200} стремиться к 2м³/с с 1 км². Сюда и попадает о. Сахалин и южная часть дальневосточного Приморья.

Вместе с тем, наличие предгорных районов здесь способствует развитию блуждающих русел, представляющих наибольшие трудности для эксплуатации водопропускных и регуляционных сооружений.

Необходимо дифференцирование норм и рекомендаций для проектирования искусственных сооружений по зонам водоопасности. Дифференцированный подход необходимо применять и по отношению к существующим сооружениям.

Дорожная инфраструктура, расположенная в зоне высокой водоопасности, должна иметь приоритет перед дорогами, расположенными в зоне малой водоопасности. Это касается выделения средств, направляемых на водоборьбу, капитальный ремонт и усиление сооружений по условиям пропуска паводков и карчехода.

Наряду с гидрологическими факторами на условия эксплуатации оказывает влияние рельеф местности (топография). Чем больше пересечен рельеф местности, тем более наблюдается расчлененность гидрографической сети и тем чаще расположение водопропускных и регуляционных сооружений. С увеличением расчлененности местности увеличиваются уклоны логов и склонов, возрастают скорости течения в руслах и скорости стекания по склонам, что приводит к усилению русловых и эрозионных процессов, а также к усложнению условий эксплуатации и взаимодействия искусственных и регуляционных сооружений с природной средой. Кроме того, зоны высокой и особенно наивысшей водоопасности расположены в пределах областей наиболее интенсивной эрозии.

Почвенно-грунтовые условия в русловой структуре и на склонах бассейнов также являются фактором, формирующим сток и влияющим на русловые и эрозионные процессы. Интенсивность эрозионных процессов в бассейнах водотоков зависит от мероприятий, проводимых в связи с освоением земель и заготовкой леса по долинам рек, которые, как правило, приводят к ухудшению условий эксплуатации. При сведении лесов максимальный расход от дождей возрастает, а малые водотоки нередко превращаются в периодически действующие.

Русловые процессы оказывают существенное влияние на условия взаимодействия искусственных сооружений с природной средой. Наибольшие трудности возникают на переходах через блуждающие реки, где все процессы протекают наиболее интенсивно. Скорости течения на блуждающих реках высоки, что наряду с фронтом регулирования большого протяжения (регуляционные дамбы на каждом берегу достигают 4-5 отверстий моста) вызывает большие трудности в эксплуатации искусственных сооружений. На блуждающих реках условия взаимодействия искусственного сооружения и водного объекта осложняются еще и тем, что размыв подмостового русла идет не только при высоких, но и при низких паводках.

Если факторы, определяющие воздействие водных потоков на мостовые переходы, могут быть определены и районированы по зонам водоопасности, то обобщение факторов, определяющих сопротивление сооружений размыву по каким-либо признакам, пока затруднительны.

Неудовлетворительность состояния системы регуляционных сооружений обычно вскрывается после длительного срока эксплуатации из-за медленного хода русловых деформаций или форсированного пропуска паводкового дождевого расхода при блуждающем типе русла, значительно превышающего расчетный [11].

Заключение

Согласно [12], информация о работе мостового перехода во время пропуска паводков включает:

- наблюдавшиеся случаи нарушения нормальной работы перехода (подмывы опор, переливы, деформации насыпи подходов и дамб, подмывы и размывы их);
- принятые меры по ликвидации ограничений водопропускной способности (укрепления опор, защита подхода от размыва, волнобоя и т.д.);
- наблюдавшиеся деформации подмостовых русел (промеры живых сечений выше и ниже моста, местных размывов у опор, конусов, дамб и траверсов), наблюдавшиеся бытовые переформирования русла, данные об уровнях с верховой и низовой сторон насыпи земляного полотна подходов при паводках.

Гидрологические, метеорологические и другие данные включают следующие сведения:

- расчетный расход и уровень воды, принятые в построечном проекте и в проектах реконструкции мостового перехода, вероятности их превышения;
- многолетние данные наблюдавшихся расходов и уровней по створу мостового перехода, полученные на месте или путем переноса с гидрометрического поста или моста-аналога [13];
- данные о силе и направлении ветра в районе перехода в период паводка;
- план искусственного сооружения с указанием направления течения, мест размывов и отложений наносов, что является достаточным для случая предгорной реки осередкового типа.

Сбор данных для изучения закономерностей руслового процесса позволяет своевременно оценить возможные изменения геоэкологического состояния речных бассейнов при строительстве искусственных сооружений и принимать превентивные меры для снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Формирование актуальной и своевременной информации, опирающейся на планомерный, регулярный сбор данных, их обработку и применение для прогнозирования способствует выработке оптимальных управленческих, инженерных и иных решений.

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. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России / В.И. Данилов-Данильян. — Москва : Институт устойчивого развития; Центр экологической политики России; Общественная палата РФ, 2009. — 88 с.
2. Барышников Н.Б. Антропогенное воздействие на русловые процессы / Н.Б. Барышников. — Ленинград : ЛГМИ, 1990. — 140 с.
3. Беркович К.М. Экологическое русловедение / К.М. Беркович, Р.С. Чалов. — Москва : ГЕОС, 2000. — 332 с.
4. Шабанов В.В. Мониторинг состояния берегов и режима использования водоохранных зон / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин // Природообустройство. — 2014. — № 4. — С. 6–11.
5. Болгов М.В. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы / М.В. Болгов, К.Ю. Шаталова, О.В. Горелиц [и др.] // Экосистемы: экология и динамика. — 2017. — Т. 1. — № 3. — С. 15–37.
6. Маккавеев Н.И. Русловые процессы / Н.И. Маккавеев, Р.С. Чалов. — Москва : Издательство МГУ, 1988. — 264 с.
7. 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.
8. Бегун С.Е. Элементы экстремального эволюционирования, экономика, эффективность (мостовые переходы на сети автомобильных дорог): монография / С.Е. Бегун, А.В. Вдовенко, В.И. Кулиш. — Хабаровск : Издательство Хабаровского государственного технического университета, 1999. — 247 с.
9. Воронов Б.А. Состояние экосистем бассейна реки Амур / Б.А. Воронов // Водные ресурсы суши в условиях изменяющегося климата. — Санкт-Петербург : Наука, 2007. — С. 174–181.
10. Вдовенко А.В. К вопросу регулирования руслового процесса блуждающих рек на мостовых переходах о. Сахалин / А.В. Вдовенко, Б.И. Потапенко // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 10 (148). — С. 1–8.
11. Бегам Л.Г. Регулирование водных потоков при проектировании дорог / Л.Г. Бегам, В.С. Алтунин, В.Ш. Цыпин. — Москва : Транспорт, 1977. — 304 с.
12. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). — Москва, 1992.
13. Рекомендации по расчету отверстий мостов на реках горно-предгорной зоны. — Москва, 1990. — 33 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Danilov-Danil'yan V.I. Vodnyye resursy mira i perspektivy vodokhozyaystvennogo kompleksa Rossii [Water Resources of the World and Prospects for Russia's Water Management Sector] / V.I. Danilov-Danil'yan. — Moscow : Institut ustoichivogo razvitiya; Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii; Obshchestvennaya palata RF, 2009. — 88 p. [in Russian]
2. Baryshnikov N.B. Antropogennoye vozdeystviye na ruslovyye protsessy [Anthropogenic Impact on Riverbed Processes] / N.B. Baryshnikov. — Leningrad : LGMI, 1990. — 140 p. [in Russian]
3. Berkovich K.M. Ekologicheskoye ruslovedeniye [Ecological Channel Science] / K.M. Berkovich, R.S. Chalov. — Moscow : GEOS, 2000. — 332 p. [in Russian]
4. Shabanov V.V. Monitoring sostoyaniya beregov i rezhima ispol'zovaniya vodookhrannykh zon [Monitoring the Condition of Riverbanks and the Use of Water Protection Zones] / V.V. Shabanov, V.N. Markin // Prirodoobustroystvo [Environmental Management]. — 2014. — № 4. — P. 6–11. [in Russian]
5. Bolgov M.V. Vodno-ekologicheskiye problemy Volgo-Akhtubinskoy poymy [Water and Environmental Problems of the Volga-Akhtuba Floodplain] / M.V. Bolgov, K.Yu. Shatalova, O.V. Gorelits [et al.] // Ekosistemy: ekologiya i dinamika [Ecosystems: Ecology and Dynamics]. — 2017. — Vol. 1. — № 3. — P. 15–37. [in Russian]
6. Makkaveyev N.I. Ruslovyye protsessy [Channel Processes] / N.I. Makkaveyev, R.S. Chalov. — Moscow: Moscow State University Publishing House, 1988. — 264 p. [in Russian]
7. Murasheva A.A. Ekologicheskyy ushcherb i prirodookhrannyye meropriyatiya na mostovykh perekhodakh ostrova Sakhalin [Environmental Damage and Nature Conservation Measures on Bridge Crossings on Sakhalin Island] / A.A. Murasheva, A.V. Vdovenko, I.A. Basova [et al.] // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle [Bulletin of Tula State University. Earth Sciences]. — 2018. — № 1. — P. 316–327. [in Russian]
8. Begun S.E. Elementy ekstremal'nogo evolyutsionirovaniya, ekonomika, effektivnost' (mostovyye perekhody na seti avtomobil'nykh dorog) [Elements of Extreme Evolution, Economics, Efficiency (Bridge Crossings on the Motorway Network) : monograph] / S.E. Begun, A.V. Vdovenko, V.I. Kulish. — Khabarovsk : Publishing House of Khabarovsk State Technical University, 1999. — 247 p. [in Russian]
9. Voronov B.A. Sostoyaniye ekosistem basseyna reki Amur [The State of Ecosystems in the Amur River Basin] / B.A. Voronov // Vodnyye resursy sushi v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata [Land Water Resources in a Changing Climate]. — Saint Petersburg : Nauka, 2007. — P. 174–181. [in Russian]
10. Vdovenko A.V. K voprosu regulirovaniya ruslovogo protsessa bluzhdayushchikh rek na mostovykh perekhodakh o. Sakhalin [On the Regulation of the Channel Process of Meandering Rivers at Bridge Crossings on Sakhalin Island] / A.V. Vdovenko, B.I. Potapenko // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. — 2024. — № 10 (148). — P. 1–8. [in Russian]
11. Begam L.G. Regulirovaniye vodnykh potokov pri proektirovanii dorog [Regulation of Water Flows in Road Design] / L.G. Begam, V.S. Altunin, V.Sh. Tsypin. — Moscow : Transport, 1977. — 304 p. [in Russian]

12. Posobiye k SNiP 2.05.03-84 "Mosty i truby" po izyskaniyam i proektirovaniyu zheleznodorozhnykh i avtodorozhnykh mostovykh perekhodov cherez vodotoki (PMP-91) [Reference Manual for SNiP 2.05.03-84 "Bridges and Pipes" on the Survey and Design of Railway and Road Bridge Crossings over Watercourses (PMP-91)]. — Moscow, 1991. [in Russian]
13. Rekomendatsii po raschetu otverstiy mostov na rekakh gorno-predgornoy zony [Recommendations for Calculating Bridge Openings on Rivers in Mountainous and Foothill Areas]. — Moscow, 1990. — 33 p. [in Russian]