

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-6-18

EDN: ZKKPOA

**МОРФОДИНАМИКА РУСЛА И ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ
(НА ПРИМЕРЕ ПРИЛИВНЫХ УСТЬЕВ)****Николай Николаевич Назаров**Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия
nikolainazarovpsu@gmail.com

Аннотация. Используя данные дистанционного зондирования Земли определены дешифрировочные гидролого-геоморфологические признаки распространения морских приливов вверх по руслу реки и местоположение верхней границы устьевой области. В исследовании задействованы малые и средние по длине реки разных природных зон Земли. Дешифрировались спутниковые изображения из материалов свободного доступа («Яндекс Карты», Google Maps). Визуализация распространения прямых и косвенных признаков продвижения прилива вверх по руслу на фоне морфодинамического районирования устьевой области реки дала возможность проведения более точного и не привязанного к инструментальным измерениям уровня воды определения местоположения ее верхней границы. Дальность распространения приливной волны определялась по результатам дифференциации речных русел на отдельные участки по морфолого-морфометрическим признакам – принадлежности к геоморфологическим (широкопойменным, адаптированным, врезанным) и морфодинамическим (извилистым, разветвленным на рукава, относительно прямолинейным) типам русла, а также разновидностям речных излучин и русловых разветвлений. Установлено, что верхней границей устьевой области реки является верхняя граница участка реки, в котором в результате подпора водотока водами приемного водоема или уравнивания воздействий русловых процессов стокового и реверсивного течений формируется зона приливных колебаний уровня, характеризующаяся особым типом руслового морфогенеза. Отличительными чертами данного участка реки (по сравнению с выше и ниже расположенными) являются относительно простая структура элементов русла, увеличение доли прямолинейных вставок и часто повышенная активность аккумуляции наносов.

Ключевые слова: морфодинамический тип русла, однорукавная дельта выполнения, реверсивное течение, прилив, отлив, приливная волна, приливное устье реки, взвешенные наносы, космические снимки

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания Тихоокеанского института географии ДВО РАН «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша-океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (FWMW-2025-0001).

Для цитирования: Назаров Н. Н. Морфодинамика русла и верхняя граница устьевой области реки (на примере приливных устьев) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 3(78) С. 6–18. EDN: ZKKPOA DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-6-18

PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

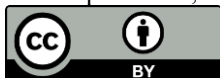
Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-6-18

EDN: ZKKPOA

**MORPHODYNAMICS OF THE RIVER CHANNEL AND THE UPPER BOUNDARY
OF THE RIVER MOUTH AREA (USING TIDAL ESTUARIES AS AN EXAMPLE)****Nikolai N. Nazarov**Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
nikolainazarovpsu@gmail.com

Abstract. Using Earth remote sensing data, decipherable hydrological and geomorphological features of the spread of sea tides up the riverbed and the location of the upper boundary of the river mouth area were determined. The study involved small and medium-length rivers located in different natural zones across the Earth. Satellite images from freely available materials (YandexMaps, GoogleMaps) were interpreted. Visualization of the turbidity plume spread up the



riverbed “against the background” of the morphodynamic zoning of the river mouth area made it possible to determine more precisely the location of its upper boundary without reference to instrumental water level measurements. The distance of tidal wave penetration up the channel was estimated based on the results of river channels differentiation into separate sections on the basis of morphological and morphometric features. These include the belonging to certain geomorphological and morphodynamic channel types as well as to particular varieties of river meanders and channel branches. The study has found that the upper boundary of the river mouth area is the upper boundary of the river section where the zone of tidal level fluctuations is formed as a result of balancing the effects of channel processes of the runoff and reverse currents. This zone is characterized by a special type of channel morphogenesis. A distinctive feature of this section of the river, compared to those located above and below, is a simpler structure of the channel elements, an increased proportion of straight insertions, and often higher activity of sediment accumulation.

Keywords: channel morphodynamic type, single-branch delta, reversible current, tide, tidal wave, tidal river mouth, suspended sediment, satellite images

Funding. The study was carried out as part of the state assignment of the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences on the topic “Natural and anthropogenic dynamics, transformation and evolution of different-rank geosystems and their components in the transition zone “land-ocean” in the context of increasing natural and man-made risks; development of methods and geoinformation technologies for their monitoring and modeling” (FWMW-2025-0001).

For citation: Nazarov N. N. Morphodynamics of the river channel and the upper boundary of the river mouth area (using tidal estuaries as an example). *Geographical Bulletin*, 2026, no. 3(78), pp. 6–18. EDN: ZKKPOA DOI: 10.17072/2079-7877-2026-3-6-18

Введение

Проблема расположения границ устьевой области реки (далее – УОР) долгое время была одной из наиболее обсуждаемых, начиная с момента широкого использования данного термина гидрологами. В силу многофакторности развития речных и морских процессов на внешнем крае УОР интерес исследователей в первую очередь вызывало расположение ее нижней границы [3; 7; 9; 10; 24]. Значительно реже обсуждался вопрос о расположении верхней границы УОР. Под ней обычно понимается граница проникновения приливов и/или ветровых нагонов воды в речное русло. При всей на первый взгляд определенности, что следует понимать под верхней границей, вопрос о принципах ее установления тем не менее сопряжен с целым рядом сложностей разного характера, возникающих еще на стадии получения данных о динамике уровня воды в устье. Например, из-за разной высоты прилива в сизигии и квадратуре расстояние проникновения приливной волны вверх по руслу в *разные* приливные циклы (полусуточные, суточные, 1 месяц, 6 месяцев, 19 лет и др.) может значительно отличаться и тем самым вызывать вопросы относительно правомерности определения самой дальней точки проявления процессов, связанных с морем. При этом установление ее *универсального* местоположения для разных циклов имеет важное значение не только с позиций формального географического районирования, но и в практическом отношении, например при организации устьевых гидрометеорологических станций, планировании рыбоохранных и рыбопромысловых мероприятий, строительстве берегозащитных сооружений и т.д. [18].

Решение проблемы по установлению верхней границы УОР возможно в случае применения альтернативных, негидрологических методов, позволяющих с помощью других, менее трудоемких и одновременно надежных, методов объективно фиксировать предельное расстояние распространения приливной волны и/или ветрового нагона в реке. В последние годы одним из таких методов изучения русловых процессов стали методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [19; 20; 27]. Развитие данного направления в изучении разных природных процессов сегодня позволяет по-новому взглянуть на возможности распознавания причинно-следственных связей между *проявлениями* русловых процессов, которые могут фиксироваться на изображениях космических снимков, и гидрологическими «событиями» (быстрое повышение/понижение уровня воды, формирование обратного течения, увеличение концентрации взвешенных наносов в воде и др.), периодически повторяющимися в приустьевой части реки [4–6]. Принимая во внимание важную роль гидродинамических процессов в образовании и развитии русловых форм, заменой использованию уровня воды в реке в качестве основного параметра при дистанционном («визуальном») установлении дальности распространения морских процессов может стать фиксация смены морфодинамики русла как *реакции* русловых процессов на изменения гидравлических характеристик водного потока, возникающих при его торможении, остановке или смене направления стокового течения на обратное (реверсивное).

Цель исследования – установить морфолого-морфометрические признаки дифференциации русла в нижнем течении рек, отражающие пространственные особенности развития приливо-отливных процессов и ветровых нагонов и фиксирующие расположение верхней границы устьевых областей рек.

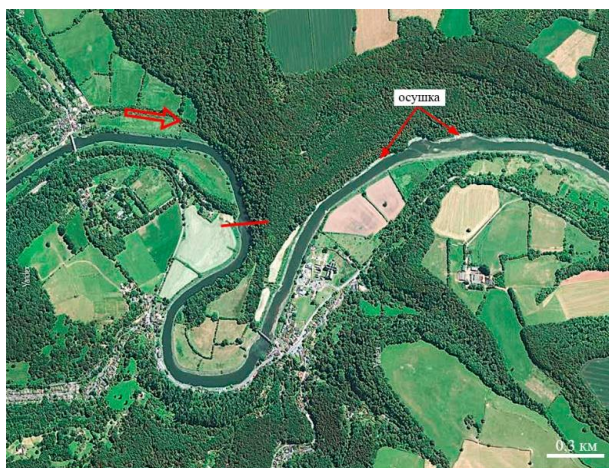
Материалы и методы

Изучение реакции русловых процессов на развитие приливо-отливных явлений было проведено в УОР, относящихся к простому, эстуарному и эстуарно-дельтовому типам по классификации В. Н. Михайлова, С. Л. Горина [14]. Отбор рек для наблюдений за устьевыми процессами определялся возможностью визуального контроля за расстоянием продвижения приливной волны от устьевого створа вверх по руслу. На спутниковых материалах свободного доступа («Яндекс Карты», Google Maps) основным дешифровочным признаком данного процесса стало изменение цвета (оттенка) воды в русле реки в результате распространении взвеси



Рис. 1. Приливное устье р. Омы
(Чешская губа, Баренцево море)

Fig. 1. Tidal mouth of the Oma River
(Czech Bay, Barents Sea)



1 - 1; 2 - 2.

Рис. 2. Верхняя граница распространения вдольрусловой осушки р. Уай (приток р. Северн, о. Великобритания) в зоне уменьшения концентрации взвешенных наносов в воде. 1 – визуальная («на глаз») верхняя граница распространения шлейфа мути (взвеси), 2 – направление стокового течения

Fig. 2. The upper boundary of the spread of the along-channel exposed zone of the Wye River (a tributary of the Severn River, Great Britain) in the zone of decreasing concentration of suspended sediments in the water. 1 – visual (“by eye”) upper boundary of the spread of the turbidity plume (suspension), 2 – direction of the runoff flow

во время прилива – от приемного водоема (залива, эстуария, лагуны) вверх по течению [5; 12; 13; 28–30] (рис. 1).

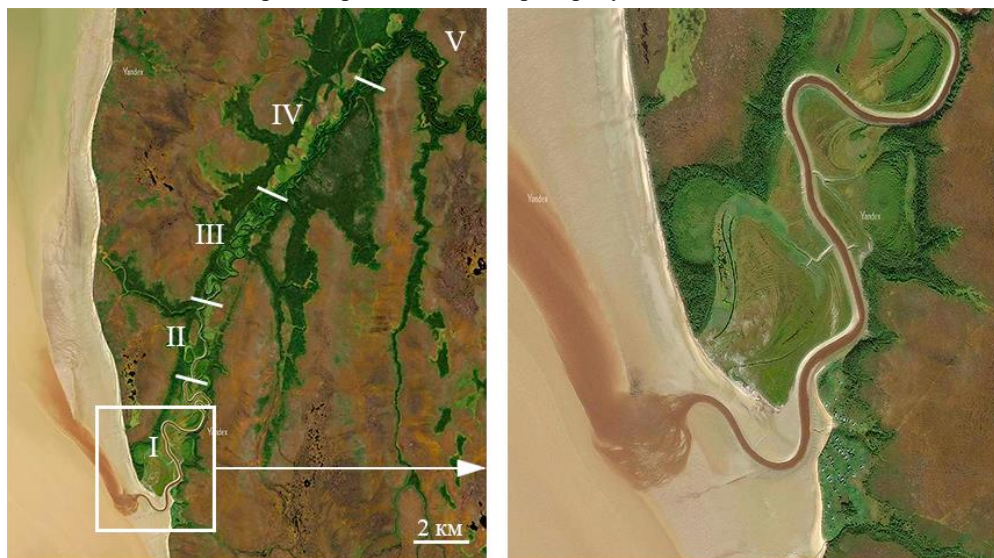
Для изучения особенностей проявления русловых процессов в нижних течениях рек были задействованы реки разных регионов Земли. В Западной Европе это р. Северн с притоком Уай (о. Великобритания), р. Дордонь (эстуарий Жиронда, Атлантическое побережье Франции); в Европейской части России – устья малых и средних рек на побережьях Белого (Мезенская губа) и Баренцева (Чешская губа) морей; на российском Дальнем Востоке – реки восточного побережья о. Сахалин; в Австралии – реки северного и северо-западного побережий материка. Относительно небольшое количество рек, удовлетворяющих требованиям уверенного дешифрирования мутьевого следа взвеси, было рассмотрено в Африке (о. Мадагаскар), юго-восточной Азии (бассейн Желтого моря) и на северо-востоке Северной Америки (зал. Фанди). Следующий этап исследования устьевых участков рек, у которых определение изменения концентрации мути (шлейфа) в водном потоке не вызвало затруднений, включал в себя выявление ее пространственной синхронизации с другими признаками, также доступными для выявления дистанционными методами. Необходимость данного шага заключалась в возможности их использования как альтернативных поисковых признаков дальности распространения приливо-отливных процессов в русле при отсутствии мутьевого загрязнения воды. Во многих случаях, преимущественно у приглубых побережий, поступление морских вод в устьевую часть реки часто происходит и без присутствия в них повышенной концентрации взвешенных наносов. Дополнительными, большей частью косвенными, признаками, позволяющими отследить дальность проникновения воздействия процессов в русла рек, послужили следы периодических изменений уровня воды в русле в фазу перехода от малой воды к полной. К ним относились наличие протяженных осушек вдоль бровок русла, темная окраска берегового уступа или прирусловых песков (признак периодической обводненности), а также формирование особых по окраске и структуре изображения растительных сообществ в зоне временного затопления (рис. 2).

Фиксирование наличия реакции русловых процессов на приливо-отливные процессы в УОР заключалось в выделении участков русла, различающихся по морфолого-морфометрическим характеристикам. Особое внимание при установлении их границ обращалось на зону выклинивания шлейфа мути (ЗВШМ), а также на смежные с ней участки реки выше и ниже по течению. Определение морфодинамических типов русла и/или их разновидностей проводилось в соответствии с классификационными схемами МГУ [2; 25; 26].

Результаты

Дешифрирование спутниковых изображений приливных устьев рек показало, что, начиная с устьевого створа и до верхней границы распространения признаков развития морских процессов, русло в большинстве случаев не является однородным по своей морфологии и морфометрии. В зависимости от условий заполнения речными наносами, а также особенностей зонирования по кинематике потока наиболее характерным случаем стало выделение 2–4 участков русла, различающихся своей морфодинамикой. На побережьях Белого и Баренцева морей самой распространенной формой (подтипом) внешнего (морского) контура простых УОР является открытый залив – относительно небольшое заглубление в берег на ширину речной долины, открывающейся в море. Образование подобных береговых форм, по-видимому, напрямую связано с селективным воздействием абразии на берег. По сравнению с грунтами, слагающими коренные берега, более активно разрушаются и отступают слабоустойчивые к размыву дельтово-русловые и/или пойменно-русловые комплексы. Практически фронтальное расположение пойменных участков берега к основным направлениям волнового воздействия предопределило ход их развития – разрушение берега и вынос глинисто-песчаного материала на подводный береговой склон. По аналогичной схеме формирование береговой линии происходило, по-видимому, и в короткие периоды превышения современных отметок уровня моря в среднем голоцене [8].

Примером УОР, относящейся к подтипу открытого залива, является р. Сёмжа (правобережье Мезенского залива). Большая высота прилива (около 8 м) и особенности геолого-геоморфологического строения морского побережья благоприятствуют высокой скорости абразии, что привело к формированию обширной осушки. В период малой воды в районе устьевого створа реки обнажается контур бороздины в виде излучины. Примечательной особенностью данной русловой формы является активный размыв ее *верхнего* крыла, что нехарактерно для развития излучин (рис. 3). Данная особенность однозначно указывает на то, что ведущую роль в ее образовании и развитии играет реверсивное течение со стороны моря, возникающее в начальную фазу прилива. При продвижении приливной волны вверх по излучине боковая эрозия воздействует на береговой уступ на осушке в полном соответствии с физикой процесса взаимодействия потока и русла – наиболее активно идет развитие нижнего крыла [11]. О значимости данного процесса в морфогенезе самых нижних излучин в долине Сёмжи говорит большая степень разработанности верхних крыльев излучин, являющихся одновременно нижними крыльями для потоков, ориентированных из моря в реку.



— 1; I, II...V - 2.

Рис. 3. Устьевая область р. Сёмжа. 1 – границы участков; 2 – номера участков

Fig. 3. The mouth area of the Semzha River. 1 – boundaries of the sections; 2 – section numbers

Анализ структуры морфодинамических типов русла р. Сёмжи выше устьевого створа показал наличие не менее пяти достаточно четко выраженных по своей морфологии участков. Первый участок (I) протягивается от устьевого створа до последней крупной пологой излучины. Адаптированное русло, представленное в нем синусоидальной, петлеобразной, сундучной излучинами, включает в себя и прямолинейную вставку протяженностью в 1,5 км. Выше по течению происходит выполаживание излучин (II участок), на коротком расстоянии трансформирующихся в сложные (заваленные, петлеобразные) излучины преимущественно поперечного развития (III участок). Расположенный выше участок (IV) представлен серией относительно прямолинейных фрагментов русла в пределах односторонней поймы с немногочисленными следами прорванных петлеобразных излучин небольшого радиуса. Именно в начале данного участка, на расстоянии около 5–6 км от устьевого створа, была зафиксирована ЗВШМ. В начале следующего участка (V), верхняя граница которого не

определялась, происходит резкая смена всех морфолого-морфометрических характеристик русла. Степень извилистости широкопойменного русла увеличивается в разы, а основными разновидностями излучин становятся петлеобразные формы.

Условиям, соответствующим требованиям объективной фиксации сменяемости морфодинамических типов и разновидностей русла простых УОР на спутниковых изображениях, удовлетворяли также летние съемки р. Кушереки (Онежская губа), рек Снопы и Омы (Чешская губа, Баренцево море), а также р. Уай – правого притока эстуария р. Северн (о. Великобритания). Трех-пятичленное строение реки в зоне влияния приливов уверенно опознается по чередованию разветвленных, извилистых и прямолинейных участков русла [19].

Примером формирования русла в УОР, относящейся к эстуарно-дельтовому типу, является р. Тымь на восточном берегу о. Сахалин (рис. 4).



— 1; — 2; I, II, III, IV – 3.

Рис. 4. Устьевой участок р. Тымь (северо-восточная часть о. Сахалин) в красном видимом канале съемки. 1 – границы участков, 2 – верхняя граница мутьевого шлейфа, выделенная по материалам спутниковой съемки «Яндекс Карты», 3 – номера участков

Fig. 4. The mouth section of the Tym River (northeastern part of Sakhalin Island) in the red visible channel of the survey. 1 – boundaries of the sections, 2 – upper boundary of the turbidity plume, identified based on Yandex satellite imagery, 3 – section numbers

УОР эстуарно-дельтового и эстуарного типов зафиксирована также у рек Орд и Западный Аллигатор (северное побережье Австралии), Тухайхэ (Бахайский залив, Желтое море), Северн (Бристольский залив, о. Великобритания), Дордонь (эстуарий Жиронда, Бискайский залив) [21]. Самый нижний участок устьевой области у них обычно представлен одним или несколькими фрагментами относительно прямолинейного русла. Своей формой, а именно коленообразными поворотами, конфигурация участка, как правило, повторяет контур залива до заполнения его наносами. Выше по течению во многих случаях располагаются 2–3 крупные меандры, своими размерами превосходящие излучины русла выше по течению. Обычны для данного участка русла и разделяющие их прямолинейные вставки. В целом, для рассмотренных типов УОР основным видом их элементизации выступает дифференциация реки на участки по степени извилистости русла и/или набору ведущих разновидностей излучин и разветвлений.

У исследованных рек степень различия по морфолого-морфометрическим признакам между участком, в котором фиксировалась ЗВШМ, и участком реки, расположенным выше по течению, была неодинаковой (табл. 1). В некоторых случаях различие состояло лишь в незначительном увеличении/уменьшении коэффициента извилистости русла (р. Ома), в других проявлялась смена морфодинамического типа русла (р. Тухайхэ). В ряде случаев для проведения границ между этими участками использовались дополнительные признаки. Чаще всего фиксировалось наличие древних русловых форм, сохранивших свои следы на пойме.

Для приливных устьев рек, открывающихся в лагуны или в другие закрытые участки устьевой зоны приемного водоема, в которых не наблюдается формирование повышенной концентрации наносов, попытка фиксации реакции русловых процессов на продвижение приливной волны была проведена на примере рек с уже имеющейся (опубликованной) информацией о расстоянии расположения верхней границы УОР – рек Паромай, Лютога (обе о. Сахалин), Кянда (залив Белого моря).

В отличие от большинства рек, относящихся к данной группе, субэвральная часть дельты состоит из участка типичной многорукавной дельты (участок I) и расположенной по течению выше однорукавной дельты (II). Формирование последней происходило по типу «устьевое удлинения русла» в результате постепенного заполнения наносами акватории залива [17]. Серия прямолинейных вставок русла, разделенных пологими излучинами, и присутствие в контуре бывшего залива небольшого притока, протекающего параллельно Тыме, говорят об отсутствии каких-либо значимых поперечных смещений русла в течение всего процесса формирования участка однорукавной дельты. Участок III представлен серией относительно крупных петлеобразных и заваленных излучин. Своими размерами и особенностями ландшафтно-геоморфологической обстановки он заметно отличается от смежного IV участка. Для последнего характерно резкое уменьшение размеров излучин, появление прорванных форм и наличие современных стариц, что говорит об активном развитии в нем русловых процессов.

Подобная или близкая (чаще при отсутствии участка многорукавной дельты) по набору русловых элементов дифференциация

Таблица 1

Table 1

Морфолого-морфометрические характеристики участков рек в районе верхней границы УОР
($K_{из}$ – коэффициент извилистости русла; R – средний радиус излучин)
Morphological and morphometric characteristics of river sections at the upper boundary of the river mouth area
($K_{из}$ – meandering coefficient of the channel; R – average radius of the meanders)

<i>Река, местоположение устья</i>	<i>Морфодинамический тип и основные разновидности элементов русла участка с фиксацией ЗВШМ</i>	<i>Морфодинамический тип и основные разновидности элементов русла участка выше по течению</i>
Ома, Чешская губа, Баренцево море	Извилистое адаптированное (излучины заваленные, крутые, прямолинейные вставки), $K_{из} - 1,5$	Извилистое адаптированное (излучины, заваленные крутые, прямолинейные вставки), $K_{из} - 1,8$
Кушерека, Онежская губа, Белое море	Разветвленное (пойменно-русловое)	Раздвоенное врезанное (излучины и прямолинейные вставки)
Сёмжа, Мезенский залив, Белое море	Извилистое адаптированное (излучины сегментные, заваленные, петлеобразные, $K_{из} - 1,6$	Извилистое широкопойменное (излучины сегментные пологие и прямолинейные вставки), $K_{из} - 1,2$
Снопа, Чешская губа, Баренцево море	Извилистое широкопойменное (петлеобразные, сегментные), $K_{из} - 1,8$	Извилистое адаптированное (излучины сегментные, сундучные, прямолинейные вставки), $K_{из} - 1,7$
Уай, эстуарий р. Северн, о. Великобритания	Извилистое врезанное (излучины петлевидные, заваленные, сегментные большие, $R - 2,5$), $K_{из} - 1,5$	Извилистое врезанное, $K_{из} - 1,2$
Тымь, восточное побережье о. Сахалин	Извилистое широкопойменное (большая излучина, осложненная излучинами 2 порядка, $K_{из} - 1,5$	Извилистое широкопойменное (петлеобразные излучин), $K_{из} - 2,0$
Орд, Кембриджский залив, северное побережье Австралии	Извилистое широкопойменное (сегментные излучины $R - 0,2-0,4$ км, одиночные разветвления), $K_{из} - 1,2$	Извилистое широкопойменное (сегментные излучины с протяженными прямолинейными вставками), $K_{из} - 1,3$
Западный Аллигатор, северное побережье Австралии	Извилистое (сегментные) врезанное с прямолинейными вставками, $K_{из} - 1,2$	Относительно прямолинейное врезанное
Северн, Бристольский залив, о. Великобритания	Извилистое врезанное (заваленная излучина) с прямолинейными вставками, $K_{из} - 1,2$	Относительно прямолинейное врезанное
Дордонь, эстуарий Жиронда, Бискайский залив	Относительно прямолинейное врезанное	Извилистое врезанное (сегментные излучины с прямолинейными вставками), $K_{из} - 1,2$
Тухайхэ, Бахайский залив, Желтое море	Извилистое широкопойменное (большая излучина, осложненная излучинами 2 порядка, $K_{из} - 1,5$	Относительно прямолинейное врезанное с одним разветвлением

Результатом стало выявление четкой границы между двумя участками, выделенными по морфодинамическим и морфометрическим особенностям русла: «нижним», в пределах которого было установлено крайнее положение влияния морского прилива (верхняя граница УОР), и «верхним» – смежным с ним участком реки, расположенным выше по течению (верхняя граница участка за пределами рисунка). «Нижний» участок реки Паромай представлен относительно прямолинейным врезанным руслом, «верхний» – извилистым широкопойменным (рис. 5). Для реки Лютоги разнообразие морфодинамического рисунка широкопойменного русла «нижнего» участка заключается в его извилистости и формировании прирусловых осушек в вогнутостях излучин. «Верхний» участок отличается менее извилистым адаптированным руслом при почти полном отсутствии прирусловых осушек. На реке Канде «нижний» участок представлен серией относительно прямолинейных вставок в адаптированном русле, «верхний» – широкопойменным извилистым руслом со следами прорванных излучин в пойме.

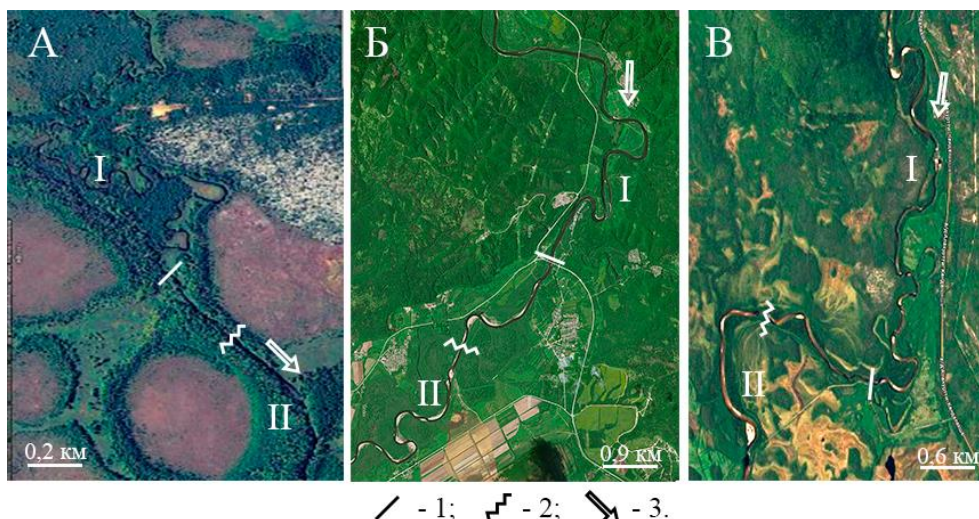


Рис. 5. Зона контакта «верхнего» (I) и «нижнего» (II) участков в районе расположения верхней границы устьевой области: А – р. Паромай (25 км от устьевого створа, по [23]);

Б – р. Лютога (10 км от устьевого створа по [23]); В – р. Канда (10 км от устьевого створа, по [22]).

1 – граница между участками, 2 – граница распространения прилива по данным инструментальных исследований, 3 – направление течения реки

Fig. 5. Contact zone of the “upper” (I) and “lower” (II) sections at the upper boundary of the estuary region: А – Paromai River (25 km from the estuary section according to [23]); Б – Lyutoga River (10 km from the estuary section according to [23]); В – Kanda River (10 km from the estuary section according to [22]).

1 – boundary between the sections, 2 – boundary of tidal distribution according to instrumental research data, 3 – direction of the river flow

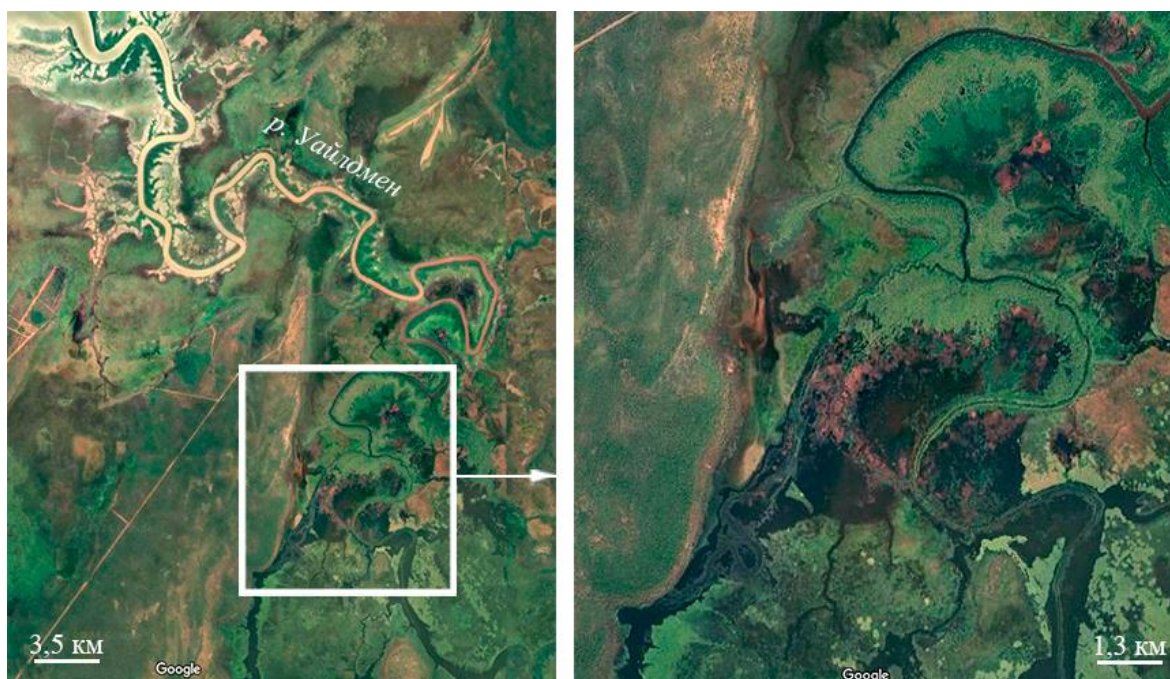


Рис. 6. Расширение русла р. Уайлдмен (залив Тиморского моря, Северная Австралия)

Fig. 6. Widening of the Wildman River (Timor Sea Gulf, Northern Australia)

Особняком в плане использования подходов для фиксирования особенностей развития русловых процессов в районе верхней границы УОР, в основе которых лежат различия участков реки в морфодинамическом плане, стоит признак *подпруживания* водотока. Проявляется он скачкообразным расширением русла на некотором удалении от ЗВШМ вверх по течению реки. Чаще всего подобный эффект наблюдается у небольших рек, причем в разных регионах мира. Количество примеров с такими проявлениями изменения параметров русла относительно невелико в силу ограниченности объектной базы исследования. Для субэкваториального пояса примером может служить р. Уайлдмен, впадающая в Тиморское море в северной части Австралии (рис. 6), для российской Субарктики – р. Большая Крутая, впадающая в Чешскую губу (Баренцево море) (рис. 7).

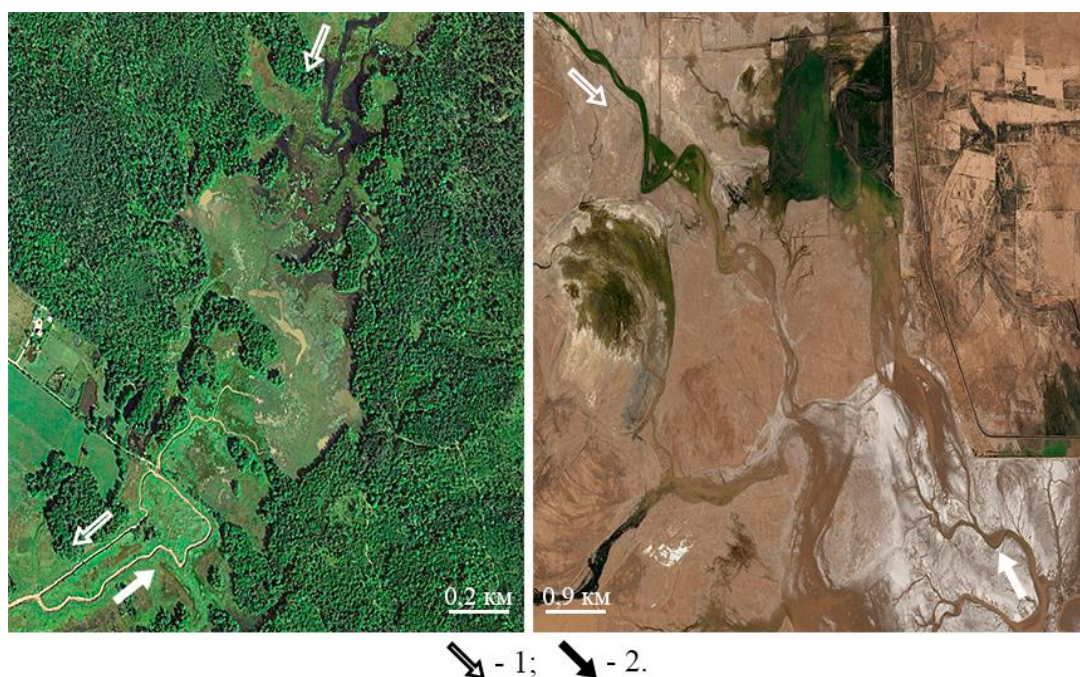


Рис. 7. Расширение русла р. Большая Крутая (Чешская губа, Баренцево море)

Fig. 7. Widening of the Bolshaya Krutaya River bed (Czech Bay, Barents Sea)

Не является редким случаем скачкообразное расширение русла и у рек умеренного пояса, впадающих в Охотское море на восточном побережье о. Сахалин (реки Найба, Ай, Дудинка, Мануй, Тихая, Дуэт). По результатам проведенных измерений данного параметра в районе верхней границы УОР его увеличение на «верхнем» участке по сравнению с «нижним» достигало 1,5–3,0 – кратных значений (табл. 2).

Примером скачкообразного изменения морфологии речного русла вплоть до его перекрытия болотной системой и подпруживания реки является р. Сейнт Эндрюс (приток р. Шубенакади, зал. Фанди) (рис. 8).



↙ - 1; ↘ - 2.

Рис. 8. Формирование «барьерной» геосистемы в УОР Сейнт Эндрюс (левый снимок)

и Колорадо (правый снимок), 1 – направление стокового течения, 2 – направление реверсивного течения

Fig. 8. Formation of the “barrier” geosystem in the St. Andrews River (left image)

and the Colorado River (right image). 1 – direction of the runoff flow, 2 – direction of the reverse flow

Таблица 2

Table 2

Средняя ширина русел рек в районе верхней границы УОР (м)
Average width of river channels in the section upper border of the mouth river area (m)

Река (длина в км)	«Нижний» участок	«Верхний» участок
Найба (119)	27	55
Ай (26)	11	20
Дудинка (17)	5	9
Мануй (20)	5	15
Тихая (13)	6	9
Дуэт (11)	3	5

Не менее наглядно образование геосистемы барьерного типа в результате аккумуляции наносов, по-видимому, «реверсивного» и «стокового» происхождения, зафиксировано в устьевой части р. Колорадо (западное побережье Сев. Америки) в условиях уже аридного климата. Подобные прерывания постоянного водотока, исчезающего в песках и болотных массивах, были зафиксированы в устьевых частях и других рек, впадающих в мезо- и макроприливные моря.

Обсуждение

Как показали наблюдения за развитием эрозионно-аккумулятивных процессов в приливных устьях рек, особенности кинематики потока лишь частично объясняют причины дифференциации их русловой части на отдельные участки по морфолого-морфометрическим признакам. Для части рек, у которых морское побережье в районе устьевого створа подвергается активной абразии и развиваются вдольбереговые течения, важную роль в формировании русла может играть аккумуляция наносов, поступающих со стороны моря в период действия реверсивного течения [15; 31]. В совокупности с аккумулятивной функцией стокового течения при возникновении подпора в русле образуются зоны с разной степенью перегруженности наносами и, как следствие, идет формирование аккумулятивных тел разной размерности и продолжительности существования. Проявлением такой зональности является дифференциация УОР на участки, в которых излучины и разветвления русла отличаются морфометрией и часто относятся к разным стадиям развития. Примером активной деятельности реверсивного течения при формировании особого вида аккумулятивных тел являются случаи формирования «реверсивных дельт» (рис. 9) и «барьерных» геосистем – болотных и некоторых других природных комплексов разной степени обводненности и минерализации грунтов, полностью перекрывающих русла и поймы рек (рис. 8).



Рис. 9. Формирование «реверсивной дельты» и подпрудного озера в устьевой части притока р. Найба (восточное побережье о. Сахалин).

- 1 – направление стокового течения,
2 – направление реверсивного течения

Fig. 9. Formation of a “reversible delta” and a dammed lake at the mouth of a tributary of the Naiba River (eastern coast of Sakhalin Island).

- 1 – direction of the runoff flow, 2 – direction of the reversible flow

Решение вопроса поиска устойчивых признаков влияния приливо-отливных течений и ветровых нагонов на русловые процессы и с их помощью определения местоположения верхней границы УОР предполагает установление пространственного соответствия зон с периодическим колебанием уровня участков русла, морфологические и морфодинамические характеристики которых были бы отличны от ниже- и вышерасположенных.

Применение данного подхода по поиску связей между проявлением русловых процессов и особенностями гидродинамики приливо-отливных течений стало своего рода проведением «калибровки» разных данных дистанционных исследований – расстояния перемещения приливной волны и повышений уровня в УОР и конфигурации («рисунка») русловых форм.

Визуализация распространения шлейфа муты вверх по руслу на фоне морфодинамического районирования УОР дает возможность для более точного и не привязанного к инструментальным измерениям уровня воды установления местоположения ее верхней границы.

Анализ расположения ЗВШМ в составе участков реки, выделенных по признакам морфодинамической и морфометрической однородности, показал ее четкое вписывание в пределы *одного* участка, который можно идентифицировать как самый верхний из *устьевых* участков в зоне действия приливного течения. За ним (выше по течению) по особенностям морфодинамики русла, соответствующим уже зоне приливных колебаний уровня, выделяется последний участок, верхняя граница которого и будет являться верхней границей УОР. Чаще всего особенности морфодинамического строения данного участка реки состоят в некотором «упрощении» структуры элементов русла (выполаживание излучин) и увеличении доли прямолинейных вставок. На смежном с ним первом *предустьевом* участке, в формировании которого приливо-отливные процессы уже не участвуют, резко меняется морфотип русла, соответствующий как геоморфологическим условиям, так и гидрологическому режиму предустьевых участков реки.

Основные варианты морфологических изменений в русле реки и рельефе поймы, указывающих на местоположение верхней границы устьевой области, схематично представлены на рис. 10.

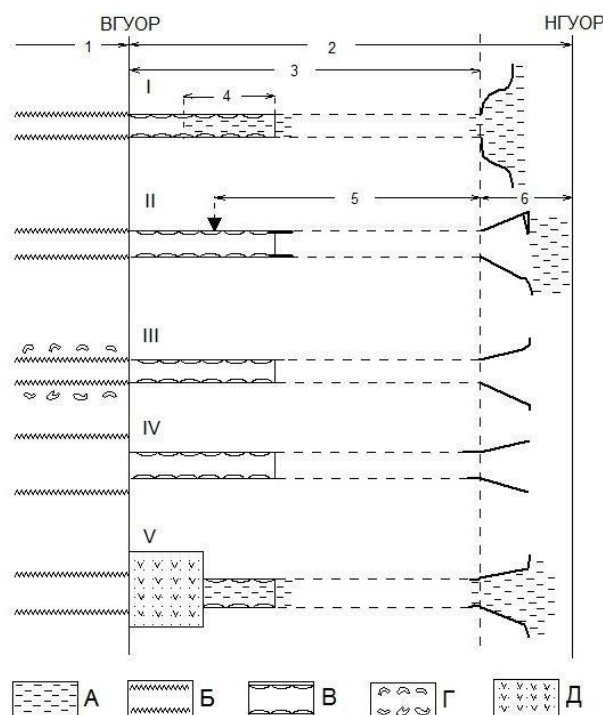


Рис. 10. Схема расположения верхней границы УОР с учетом дешифрировочных и ситуационных (гидролого-геоморфологических) признаков дальности продвижения приливной волны в русле.

Варианты: I – ЗВШМ зафиксирована; II – известно расстояние продвижения приливной волны, ЗВШМ не фиксируется; III – расстояние продвижения приливной волны не известно, ЗВШМ не фиксируется; IV – ЗВШМ не фиксируется, выше по течению скачкообразное расширение русла;

V – аккумулятивное тело занимает всю ширину русла и поймы.

1 – приустьевой участок реки; 2 – УОР; 3 – система устьевых участков реки и дельта (при наличии); 4 – ЗВШМ на момент фиксации (съемки); 5 – максимальное расстояние инструментально зафиксированного изменения уровня воды во время прилива; 6 – эстуарий (при наличии) и устьевая зона приемного водоема (море, река). ВГУОР – верхняя граница УОР; НГУОР – нижняя граница УОР.

А – повышенная мутность воды (шлейф муты); Б – приустьевой участок реки; В – устьевой участок реки;

Г – древние русловые формы (прорванные излучины); Д – аккумулятивная форма «барьерного» типа

Fig. 10. The location scheme of the upper boundary of the river mouth area (RMA) taking into account the interpretation and situational (hydrological and geomorphological) features of the distance of tidal wave advance in the channel.

Options: I – zone of the turbidity plume termination (ZTPT) is recorded; II – the distance of tidal wave advance is known, ZTPT is not recorded; III – the distance of tidal wave advance is unknown, ZTPT is not recorded; IV – ZTPT is not recorded, there is an abrupt widening of the channel upstream; V – the accumulative body occupies the entire width of the channel and floodplain. 1 – the lower reaches of the river; 2 – RMA; 3 – the system of mouth sections of the river and the delta (if any); 4 – ZTPT at the time of recording (surveying); 5 – the maximum distance of the instrumentally recorded change in the water level during high tide; 6 – estuary (if any) and the mouth zone of the receiving reservoir (sea, river).

ВГУОР – the upper boundary of the RMA; НГУОР – the lower boundary of the RMA.

А – increased water turbidity (turbidity plume); Б – lower reaches of the river; В – river mouth area;

Г – ancient channel forms (broken meanders); Д – accumulative form of the “barrier” type

Во всех случаях ЗВШМ является лишь частью участка, что объясняется постоянным изменением ее местоположения в *разные* фазы приливо-отливного цикла в *разные* климатические периоды, характеризующиеся *разной* величиной речного стока.

В случаях, когда распространение приливной волны не отражается повышенной концентрацией взвешенных наносов, что чаще характерно для устьевых областей эстуарно-дельтового типа, наиболее точно местоположению границы УОР будет соответствовать верхняя граница первого устьевого участка.

Развитие русловых процессов в нем обеспечивается определенным единообразием гидравлических характеристик потока и условий формирования аккумулятивных форм в русле. Во многих случаях объективность выделения морфодинамических типов и разновидностей русла, служащих главными признаками деления реки на приустьевые и устьевые участки, находит подтверждение и в ряде других показателей геоморфологических условий и структуре долинных геосистем. В частности, в формировании приустьевых осушек, степени активности и местоположении зон развития боковой эрозии и аккумуляции наносов, наличии/отсутствии древних русловых форм и др.

Выводы

В приливных устьях малых и средних рек, в которых проведение прямых измерений динамики уровней воды может вызывать трудности и/или неэффективно, установление верхней границы УОР возможно с использованием дистанционных методов – дешифрирования материалов космической съемки. Определение дальности проникновения морских приливов вверх по руслу устанавливается по результатам дифференциации речных русел на отдельные участки по морфолого-морфометрическим признакам – принадлежности к геоморфологическим (широкопойменным, адаптированным, врезанным) и морфодинамическим (извилистым, разветвленным на рукава, относительно прямолинейным) типам русла, а также разновидностями речных излучин и русловых разветвлений. С учетом основных и дополнительных дешифрировочных гидролого-геоморфологических признаков устанавливается дальность продвижения приливной волны и определяются *предустьевой* и *первый устьевой* участки реки, граница между которыми и является верхней границей УОР.

Библиографический список

1. Алабян А. М., Василенко А. Н., Демиденко Н. А., Крыленко И. Н., Панченко Е. Д., Попрядухин А. А. Приливно-динамическая модель в дельте Печоры // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2022. № 1. С. 167–179. EDN: HLHNGY
2. Алексеевский Н. И., Чалов С. Р. Структура русловых разветвлений // Геоморфология. 2004. № 3. С. 57–66. EDN: OROTWP
3. Байдин С. С. Устьевая область реки как часть прибрежной зоны моря // Геоморфология и литология береговой зоны моря и других крупных водоемов. М.: Наука, 1971. С. 67–74.
4. Горбунов А. О. Морфология и особенности динамики устьевых рек о. Сахалин: автореф. дис. канд. геогр. наук / Рос. пед. гос. ун-т им. А. И. Герцена. СПб, 2012. 24 с. EDN: QIUUAN
5. Долгополова Е. Н. Условия образования бора и его влияние на перенос осолоненных вод в устьях рек // Водные ресурсы. 2013. Т. 40, № 1. С. 19–35. DOI: 10.7868/S0321059613010021 EDN: PNRSOR
6. Долотов Ю. С. Процессы рельефообразования и осадконакопления на приливно-морских побережьях Мирового океана. М.: Научный мир, 2010. 180 с. ISBN: 978-5-91522-235-8 EDN: QKJVGVR
7. Залогин Б. С., Родионов Н. А. Устьевые области рек СССР. М.: Мысль, 1969. 312 с.
8. Каплин П. А. Новейшая история побережий Мирового океана. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 265 с.
9. Коротаев В. Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
10. Коротаев В. Н. Устья рек // Эрозионные процессы (географическая наука в практике). М.: Мысль, 1984. С. 191–197.
11. Мирцхулава Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 304 с.
12. Мискевич И. В. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчетов и прогнозирования: автореф. дис. ... докт. геогр. наук / Рос. ГГУ. СПб, 2005. 50 с. EDN: ZMYBKR
13. Мискевич И. В., Алабян А. М., Демиденко Н. А., Коробов В. Б., Панченко Е. Д. Формирование высокой мутности вод в малых приливных эстуариях Белого и Баренцева морей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2022. № 4. С. 142–153. EDN: BXVSUY
14. Михайлов В. Н., Горин С. Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 3. С. 243–257. EDN: OXXVOT
15. Михайлов В. Н., Повалишников Е. С. Устьевая область реки как зона динамического взаимодействия и смешения речных и морских вод // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1992. № 5. С. 29–37. EDN: XSULB
16. Михайлов В. Н., Полонский В. Ф., Чернецова Г. М. Закономерности кинематики и динамики потока в приливных устьях рек // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1990. № 1. С. 16–24.
17. Михайлова М. В. Многолетние изменения строения речных дельт // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 5. С. 488–501. DOI: 10.7868/S0321059616050084 EDN: WLNKZS
18. Михайлова М. В. Современные научные и прикладные проблемы гидрологии устьев рек // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 5. С. 539–551. DOI: 10.31857/S032105962205011X EDN: MCUDQX
19. Назаров Н. Н., Диарра Б., Дремин Д. А. Морфологические разновидности русла и условия формирования на р. Нигер (Западная Африка) // Геоморфология. 2021. № 2. С. 3–13. DOI: 10.31857/S0435428121020085 EDN: SGAAGM
20. Назаров Н. Н., Петрова В. И., Фролова И. В. Морфодинамика русла р. Коса как отражение направленности русловых процессов в долинах развития озерно-ледниковых террас (бассейн Верхней Камы) // Известия РГО. 2023. Т. 155, № 3–4. С. 100–112. DOI: 10.31857/S0869607123030102 EDN: NWDGJF
21. Назаров Н. Н., Фролова И. В. Влияние приливо-отливных процессов на геосистемы устьевых областей рек // Геосистемы северо-восточной Азии: природные и социально-экономические факторы и структуры: Мат. XII Всерос. науч.-

- практ. конф. (Владивосток, 24–26 апреля 2024 г.). Владивосток, 2024. С. 159–163. DOI: 10.35735/9785604968338_159 EDN: WUKAPU
22. Панченко Е. Д. Динамика потока в приливных устьях малых рек (на примере Беломорского бассейна): автореф. дис. ... канд. геогр. наук / МГУ. М., 2022. 28 с. EDN: GGDCZD
23. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Вып. 4. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 266 с.
24. Самойлов И. В. Устья рек. М.: Географиз, 1952. 526 с.
25. Турыкин Л. А., Чалов Р. С. Распространение морфодинамических типов русел рек на территории Северной Евразии // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 5–11. EDN: HTUIPZ
26. Чалов Р. С., Алабян А. М., Иванов В. В., Лодина Р. В., Панин А. В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с. ISBN: 5-89118-044-8 EDN: UVXWJU
27. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.
28. Allen G. P., Salomon J. C., Bassoullet P., Du Penhoat Y., Granpre de C. Effects of tides on mixing and suspended transport in macrotidal estuaries // *Sedim. Geology*. 1980. Vol. 26, No. 1/3. P. 69–90.
29. Allen J. A., Cook M., Jackson D. J., Preston S., Worth E. M. Observations on the rate of production and mechanical properties of the byssus threads of *Mytilus edulis* L. // *Journal of Molluscan Studies*. 1976. Vol. 42, No. 2. P. 279–289.
30. Meade R. H. Landward transport of bottom sediments estuaries of the Atlantic coastal plain // *J. Sediment. Petrol.* 1969. Vol. 39, No. 1. P. 222–234. DOI: 10.1306/74D71C1C-2B21-11D7-8648000102C1865D
31. Peterson C., Scheidegger K., Komar P. Sand-dispersal patterns in an active-margin estuary of the northwestern United States as indicated by sand composition, texture and bedforms // *Mar. Geology*. 1982. Vol. 50, No. 1/2. P. 77–96. DOI: 10.1016/0025-3227(82)90062-7

References

1. Alabyan A. M., Vasilenko A. N., Demidenko N. A., Krylenko I. N., Panchenko E. D., Popryadukhin A. A. Prilivnaya dinamika vod v del'te Pechory [Tidal dynamics of water in the Pechora Delta]. *Moscow University Geography Bulletin. Series 5, Geography*, 2022, no. 1, pp. 167–179. (In Russ.) EDN: HLHGNY
2. Alekseevskii N. I., Chalov S. R. Struktura ruslovykh razvetvlenii [Structure of Channel Branches]. *Geomorphology*, 2004, no. 3, pp. 57–66. (In Russ.) EDN: OPOTWP
3. Baidin S. S. Ust'evaya oblast' reki kak chast' pribrezhnoi zony morya [The mouth area of a river as part of the coastal zone of the sea]. *Geomorphology and lithology of the coastal zone of the sea and other large bodies of water*. Moscow: Nauka, 1971, pp. 67–74. (In Russ.)
4. Gorbunov A. O. Morfologiya i osobennosti dinamiki ust'evykh rek o. Sakhalin [Morphology and Dynamics of the Estuary Rivers of Sakhalin Island]. J. Extended abstract of Cand.Sc. dissertation, The Herzen State Pedagogical University of Russia. Saint Petersburg, 2012. 24 p. (In Russ.) EDN: QIIUAH
5. Dolgoplova E. N. The conditions for tidal bore formation and its effect on the transport of saline water at river mouths. *Water Resource*, 2013, vol. 40, no. 1, pp. 19–35. (In Russ.) DOI: 10.7868/S0321059613010021 EDN: PNRSOR
6. Dolotov Yu. S. Protessy rel'efoobrazovaniya i osadkonakopleniya na prilivnykh poberezh'yakh Mirovogo okeana [Processes of Relief Formation and Sediment Accumulation on the Tidal Coasts of the World Ocean]. Moscow: Nauchnyi mir, 2010. 180 p. (In Russ.) ISBN: 978-5-91522-235-8 EDN: QKJVGR
7. Zalogin B. S., Rodionov N. A. Ust'evye oblasti rek SSSR [Estuaries of the USSR Rivers]. Moscow: Mysl, 1969. 312 p. (In Russ.)
8. Kaplin P. A. Noveishaya istoriya poberezhii Mirovogo okeana [The Newest History of the World Ocean Coasts]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 1973. 265 p. (In Russ.)
9. Korotaev V. N. Geomorfologiya rechnykh del't [Geomorphology of River Deltas]. Moscow: Izd-vo MGU, 1991. 224 p. (In Russ.)
10. Korotaev V. N. Ust'ya rek [River Mouths]. *Erosion Processes (Geographical Science in Practice)*. Moscow: Mysl, 1984, pp. 191–197. (In Russ.)
11. Mirtskhulava Ts. E. Osnovy fiziki i mekhaniki erozii rusel [Fundamentals of the Physics and Mechanics of Channel Erosion]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988. 304 p. (In Russ.)
12. Miskevich I. V. Gidrokimiya prilivnykh ust'ev rek: metody raschetov i prognozirovaniya [Hydrochemistry of tidal estuaries: methods of calculations and forecasting]. Extended abstract of D.Sc. dissertation, Russian State University. Saint Petersburg, 2005. 50 p. (In Russ.) EDN: ZMYBKR
13. Miskevich I. V., Alabyan A. M., Demidenko N. A., Korobov V. B., Panchenko E. D. Formirovanie vysokoi mutnosti vod v malykh prilivnykh estuariyakh Belogo i Barentseva morei [Formation of High Turbidity in Small Tidal Estuaries of the White and Barents Seas]. *Moscow University Geography Bulletin. Series 5, Geography*, 2022, no. 4, pp. 142–153. (In Russ.) EDN: BXVSUY
14. Mikhailov V. N., Gorin S. L. Novye opredeleniya, raionirovanie i tipizatsiya ust'evykh oblastei rek i ikh chastei – estuariy [New definitions, zoning, and typification of river mouth areas and their parts – estuaries]. *Water Resource*, 2012, vol. 39, no. 3, pp. 243–257. (In Russ.) EDN: OXXVOT
15. Mikhailov V. N., Povalishnikova E. S. Ust'evaya oblast' reki kak zona dinamicheskogo vzaimodeistviya i smesheniya rechnykh i morskikh vod [The mouth area of a river as a zone of dynamic interaction and mixing of river and sea waters]. *Moscow University Geography Bulletin. Series 5, Geography*, 1992, no. 5, pp. 29–37. (In Russ.) EDN: XSULB
16. Mikhailov V. N., Polonskii V. F., Chernetsova G. M. Zakonomernosti kinematiki i dinamiki potoka v prilivnykh ust'yakh rek [Patterns of Kinematics and Dynamics of Flow in Tidal River Estuaries]. *Moscow University Geography Bulletin. Series 5, Geography*, 1990, no. 1, pp. 16–24. (In Russ.)
17. Mikhailova M. V. Many-year variations in river delta structures. *Water Resource*, 2016, vol. 43, no. 5, pp. 488–501. (In Russ.) DOI: 10.7868/S0321059616050084 EDN: WLNSKZ

18. Mikhailova M. V. Modern scientific and practice problems of river estuary hydrology. *Water Resource*, 2022, vol. 49, no. 5, pp. 539–551. (In Russ.) DOI: 10.31857/S032105962205011X EDN: MCDUQX
19. Nazarov N. N., Diarra B., Dremine D. A. Morphological varieties of the channel and the conditions of their formation in the Niger River (West Africa). *Geomorphology*, 2021, no. 2, pp. 3–13. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0435428121020085 EDN: SGAAGM
20. Nazarov N. N., Petrova V. I., Frolova I. V. Morphodynamic of the Kosa River channel as a reflection of the direction of the channel processes in the development valleys of glaciolacustrine terraces (upper Kama basin). *Izvestiya of the Russian Geographical Society*, 2023, vol. 155, no. 3–4, pp. 100–112. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0869607123030102 EDN: NWDGJF
21. Nazarov N. N., Frolova I. V. Impact of tidal processes on river mouth geosystems. In *Geosystems of north-east Asia: natural and socio-economic factors and structures XII All-Russian Scientific and Practical Conference (Vladivostok, April 24–26, 2024)*. Vladivostok, 2024, pp. 159–163. (In Russ.) DOI: 10.35735/9785604968338_159 EDN: WUKAPU
22. Panchenko E. D. *Dinamika potoka v prilivnykh ust'yakh mal'nykh rek (na primere Belomorskogo basseina)* [Flow dynamics in the tidal estuaries of small rivers (using the Belomorsk basin as an example)]. Extended abstract of Cand.Sc. dissertation, Lomonosov Moscow State University. Moscow, 2022. 28 p. (In Russ.) EDN: GGDCZD
23. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 18. Vyp. 4. Sakhalin i Kurily* [Surface Water Resources of the USSR. Vol. 18. Issue 4. Sakhalin and the Kuril Islands]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973. 266 p. (In Russ.)
24. Samoilov I. V. *Ust'ya rek* [The Mouths of Rivers]. Moscow: Geografiz, 1952. 526 p. (In Russ.)
25. Turykin L. A., Chalov R. S. Rasprostraneniye morfodinamicheskikh tipov rusel rek na territorii Severnoi Evrazii [Distribution of Morphodynamic Types of River Channels in Northern Eurasia]. *Geography and Natural Resources*, 2006, no. 1, pp. 5–11. (In Russ.) EDN: HTUIPZ
26. Chalov R. S., Alabyan A. M., Ivanov V. V., Lodina R. V., Panin A. V. *Morfodinamika rusel ravninnykh rek* [Morphodynamics of the Channels of Lowland Rivers]. Moscow: GEOS, 1998. 288 p. (In Russ.) ISBN: 5-89118-044-8 EDN: UVXWJU
27. *Estuarno-del'tovye sistemy Rossii i Kitaya: gidrologo-morfologicheskie protsessy, geomorfologiya i prognoz razvitiya* [Estuary-Delta Systems of Russia and China: Hydrological and Morphological Processes, Geomorphology, and Development Forecast]. Moscow: GEOS, 2007. 445 p. (In Russ.)
28. Allen G. P., Salomon J. C., Bassoullet P., Du Penhoat Y., Granpre de C. Effects of tides on mixing and suspended transport in macrotidal estuaries. *Sedim. Geology*, 1980, vol. 26, no. 1/3, pp. 69–90.
29. Allen J. A., Cook M., Jackson D. J., Preston S., Worth E. M. Observations on the rate of production and mechanical properties of the byssus threads of *Mytilus edulis* L. *Journal of Molluscan Studies*, 1976, vol. 42, no. 2, pp. 279–289.
30. Meade R. H. Landward transport of bottom sediments estuaries of the Atlantic coastal plain. *J. Sediment. Petrol*, 1969, vol. 39, no. 1, pp. 222–234. DOI: 10.1306/74D71C1C-2B21-11D7-8648000102C1865D
31. Peterson C., Scheidegger K., Komar P. Sand-dispersal patterns in an active-margin estuary of the northwestern United States as indicated by sand composition, texture and bedforms. *Mar. Geology*, 1982, vol. 50, no. 1/2, pp. 77–96. DOI: 10.1016/0025-3227(82)90062-7

Статья поступила в редакцию: 01.04.26, одобрена после рецензирования: 22.07.26, принята к опубликованию: 12.09.26.

The article was submitted: 01 April 2026; approved after review: 22 July 2026; accepted for publication: 12 September 2026.

Информация об авторе

Николай Николаевич Назаров

Доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник
Лаборатории палеогеографии и геоморфологии,
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук;
690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 7

Information about the author

Nikolai N. Nazarov

Doctor of Geographical Sciences,
Leading Researcher,
Laboratory of Paleogeography and Geomorphology,
Pacific Geographical Institute,
Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;
7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

e-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com