

## ВЛИЯНИЕ ПРИЛИВО-ОТЛИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГЕОСИСТЕМЫ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ РЕК

Н.Н. Назаров<sup>1</sup>, И.В. Фролова<sup>2</sup>

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН*

*<sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет*

**Аннотация.** На примере рек Евразии, Северной Америки, Австралии проведена оценка степени и характера влияния приливо-отливных процессов на геосистемное строение устьевых областей рек. Выявлены особенности формирования морфодинамических типов русел в условиях периодического развития в них приливных обратных течений.

**Ключевые слова:** *устьевые области рек, приливо-отливные процессы, речные русла, геосистемы*

## IMPACT OF TIDAL PROCESSES ON RIVER MOUTH GEOSYSTEMS

N.N. Nazarov<sup>1</sup>, I.V. Frolova<sup>2</sup>

*<sup>1</sup> Pacific Geographical Institute Far-Eastern Branch, Russian Academy Of Sciences*

*<sup>2</sup> Perm State University*

**Abstract.** Using the examples of rivers in Eurasia, North America, and Australia, an assessment was made of the degree and nature of the influence of tidal processes on the geosystem structure of river mouth areas. Features of the formation of morphodynamic types of channels under conditions of periodic development of tidal reverse currents in them have been revealed.

**Keywords:** *river estuaries, tidal processes, river channels, geosystems*

**Введение.** Покомпонентная избирательность и пространственно-временная изменчивость влияния морских факторов (волнение, вдольбереговые течения, нагонные и приливные денивеляции уровня, проникновение клина соленых морских вод по водотокам) на геодинамические процессы речных дельт и ландшафты в целом является вопросом, который до последнего времени в силу разных (в том числе субъективных) причин оставался для ландшафтоведов и геоморфологов «малоинтересным». Безусловными лидерами в изучении устьевых участков рек всегда были гидрологи, добившиеся значимых успехов в части их типизации и выделения морфогенетических модификаций речных дельт [4, 6-8]. Привлечение физико-географов и геоморфологов к решению данных вопросов на уровне геосистем, связано, прежде всего, с тем, что устьевые области рек (УОР) являются местом высокой концентрации людей и поселений, а повышение уровня моря уже в среднесрочной перспективе может достигнуть критических величин со всеми вытекающими последствиями для значительной части природных комплексов речных дельт, в том числе располагающихся на удалении от их внешнего (морского) края [2]. В этом случае особое значение приобретают сведения о протяженности влияния приливо-отливных процессов, проникающих по руслу реки на десятки и сотни километров. По всей вероятности, в этом случае будет запущен процесс расширения зоны развития особых приустьевых геосистем, не имеющих аналогов в структуре пойменно-русловых комплексов «материковых» равнинных рек по составу агентов воздействия на прибрежные урочища.

Цель работы – оценить степень и характер влияния приливо-отливных процессов на геосистемное строение УОР, а также выявить особенности формирования морфодинамических типов русел в условиях периодического развития в них обратных течений.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования были выбраны УОР с дельтами выполнения заливов (эстуариев, риас, лиманов) – самого распространенного типа речных дельт. При выборе рек пространственным ограничением стало их расположение строго на побережьях мезо- и макроприливных морей. Для анализа ландшафтно-геоморфологической обстановки в дельтово-руслых комплексах подбирались реки, различающиеся своими размерами, природными и климатическими условиями.

Изучение геосистем и морфолого-морфометрических характеристик речных русел на качественном и количественном уровнях проводилось с использованием спутниковых изображений в видимом и ближнем ИК диапазонах. Для этого были задействованы картографические материалы свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps). Главным условием их отбора было совпадение времени съемки с временем продвижения приливной волны. В этом случае появляется возможность фиксировать изменения цвета (оттенка) воды в русле и по этой особенности определять границу раздела приливных водных масс с водами речного потока [1, 5, 9, 12-14]. Резкое или относительно постепенное уменьшение количества взвеси в воде служило основанием для определения зоны, в пределах которой находится верхняя граница УОР – предельное расстояние продвижения приливной волны – зоны потенциальной возможности формирования приустьевых геосистем и проявлений «новых» геоморфологических процессов. С учетом всех ограничений и требований к пространственно-временным характеристикам отображения УОР, включая речные русла и вмещающие их природные комплексы днищ долин, было проанализировано около двух сотен рек, из которых для детального изучения влияния на них приливо-отливных процессов выбрано восемь рек, расположенных в Евразии, Северной Америке, Австралии.

В качестве элементарных участков для проведения и оценивания ландшафтной дифференциации устьевых и приустьевых геосистем выбраны *устьевой участок реки и дельта*, выделяемые в УОР по комплексу геоморфологических и гидролого-морфологических признаков [7]. Последние в значительной степени повторяют классический набор признаков, используемых обычно в физико-географических районированиях и/или ландшафтных типизациях. Целесообразность и объективность применения данного подхода подтверждается также хорошей пространственной согласованностью данных участков рек со структурными единицами самых нижних (речных) элементов эрозионно-руслевой системы – речных подсистем (пойменно-руслых комплексов по [10]) и устьевых подсистем [11].

В качестве верхней границы устьевого участка реки (УУР), территориально совпадающей с верхней границей УОР была принята зона пространственного выклинивания проявлений приливо-отливных процессов, фиксируемого по снижению концентрации взвеси («мути») в водах реки и частоты встречаемости фрагментов русловой осушки. Как правило, вниз по течению реки последняя из отдельных фрагментов постепенно превращается в лентообразную зону осушки на дне русла, по своей ширине часто в разы превышая ширину потока в условиях межени.

За верхнюю точку одноруканных дельт рек (ДР) чаще всего принималась вершина относительно прямолинейного участка руслового канала, образование которого обусловлено развитием процесса устьевого удлинения по мере заполнения вершины залива и возвышения дельтовых наносов над уровнем моря. Выделение и картирование геосистем, включающих в себя УУР и ДР, как правило, при дешифрировании спутниковых изображений не вызывало больших затруднений, и по степени их распознаваемости в границах коренных берегов древнего (выполненного) залива по своей трудоемкости не отличалось, например, от выделения пойм в днищах речных долин.

**Результаты и их обсуждение.** В процессе дешифрирования спутниковых снимков, отобранных для изучения влияния морского прилива на русла рек и смежные с ними геосистемы, в пределах УОР, с большей или меньшей выраженностью различий по морфолого-морфометрическим характеристикам, были выделены три участка. Первый

(нижний) – от начала ДР до верхней границы УУР, второй – переходный – от УУР до зоны максимального проникновения приливных масс в сизигийные приливы. Третий участок – эта часть русла реки, в которой проявления повышенной концентрации приливной взвеси уже не фиксировались, но происходили качественные и количественные изменения параметров ряда элементов русла (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика геосистем и речных русел в пределах устьевых областей рек

<i>Река</i>	<i>Участок</i>	<i>Протяженность, км</i>	<i>Ширина русла, м</i>	<i>Морфодинамический тип русла</i>	<i>Прирусловые элементы ландшафта (геосистемы)</i>	<i>Экзогенные геоморфологические процессы</i>
Кушерека (Онежская губа, Белое море)	1	3,0	70	Относительно прямолинейное	Заболоченный луг	Подтопление, заболачивание
	2	2,0	30	Разветвленное	Суходольный луг	Аккумуляция в русле
	3	–	50	Извилистое, с прямолинейными вставками, подтопленное, местами бочажинное	Суходольный луг с мелколистственным лесом	Локальное зарастание русловых мелководий
Тухайхэ (Бахайский залив, Желтое море)	1	30	110	Относительно прямолинейное	Берегозащитные сооружения, рыбообразные пруды	Аккумуляция в русловых бровках, подтопление
	2	15	50	Относительно прямолинейное	Берегозащитные сооружения сельскохозугодья	Аккумуляция в русловых бровках
	3	–	160	Извилистое	Берегозащитные сооружения, жилая зона	–
Дордонь (эстуарий Жиронда, Бискайский залив)	1	30	350	Извилистое с прямолинейными вставками	Сельскохозугодья, жилая зона	Оплывание бровок русла
	2	40	200	Извилистое	Сельскохозугодья, жилая зона	Оплывание бровок русла
	3	–	220	Относительно прямолинейное, редкие излучины и одиночные разветвления	Сельскохозугодья, жилая зона	–
Семжа (Мезенский залив, Белое море)	1	4,0	17	Извилистое с прямолинейными вставками	Суходольный луг с мелколесьем	Оплывание бровок русла
	2	3,5	15	Относительно прямолинейное	Сосняк беломошный	–
	3	–	20	Извилистое	Согра	Заболачивание
Фицрой (северное побережье Австралии)	1	28	400	Разветвленное	Буш	Заболачивание
	2	3,5	80	Разветвленное	Буш разряженный	Эолово-дефляционные
	3	–	160	Относительно прямолинейное	Буш	–
Карговка (устье эстуария р. Кулой, Белое море)	1	24	8	Извилистое с прямолинейными вставками	Луг заболоченный заливной	Затопление
	2	11	4	Извилистое с прямолинейными вставками	Луг заболоченный с кустарником	Подтопление
	3	–	17	Извилистое с	Болото низинное	Заболачивание

				прямолинейными вставками		
Приток р. Шубенакади (Новая Шотландия, залив Фанди))	1	1,2	12	Относительно прямолинейное	Сельскохозяйугодья	–
	2	1,3	6	Разветвленное (дельтовидное)	Луг, болото низинное, конус выноса, озеро	Аккумуляция наносов (взвеси), подтопление, заболачивание, органогенное осадконакопление
	3	–	15	Извилистое бочажинное	Луг с кустарником	Подтопление
Колорадо (Нижняя Калифорния, Мексика)	1	4,0	80	разветвленное	Осушка песчано-грядовая	Осаждение соли, эолово-дефляционные
	2	3,0	20	Относительно прямолинейное	Песчано-глинистая терраса, заболоченные депрессии	Аккумуляция наносов (взвеси), заболачивание, органогенное осадконакопление
	3	–	90	Относительно прямолинейное	Песчано-глинистая холмистая пустыня, такыры	Эолово-дефляционные

Основным компонентом, по которому фиксировалась степень влияния высоты приливных уровней воды на прирусловые геосистемы, была растительность. Увеличение/уменьшение увлажненности геосистем, связанной с периодическими (суточными, полусуточными) повышениями уровня воды в районе русловых бровок, приводило к возникновению модификаций растительности с большей или меньше степенью выраженности. В ряде случаев увеличение увлажненности геосистем отмечалось формированием болотных массивов и/или небольших водоемов (озер). Для аридных территорий, более «открытых» для детального дешифрирования, в качестве индикаторов сменяемости увлажнения геосистем чаще использовались особенности микрорельефа – проявление/не проявление эоловых и эрозионных процессов.

Анализ таблицы показал, что у большинства рек (кроме Карговки) по границе между 1 и 2 или 2 и 3 участками происходит смена морфодинамического типа русла. По этим же границам были зафиксированы резкие изменения ширины русла, причем на 2 участке – зоне максимального проникновения приливной волны наблюдались самые низкие значения данного показателя у каждой из рассматриваемых рек. Напротив, на 3 участке в большинстве случаев характерно увеличение ширины русла и проявление признаков образования подпора, выразившееся в некоторых случаях сильной изменчивостью контура береговой линии русла по своему рисунку и невыдержанностью значений ширины реки, схожих с формированием бочажинного русла.

Таким образом, с учетом распределения морфолого-морфометрических характеристик русла на всех трех участках, общей направленностью формирования элементов ландшафта в районе 2 участка, а также проявлением подпора у ряда рек на 3 участке, следует вывод: в зоне максимального проникновения приливо-отливных процессов (район верхней границы УОР) происходит образование дельтово-русловых геосистем *барьерного* типа. Основной направленностью их развития является аккумуляция минерально-органогенного вещества, привносимого как извне, так и накапливающегося в новообразованных непроточных и слабопроточных водоемах.

**Выводы.** Материалы спутниковой съемки свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps) позволяют получить необходимую информацию для оценки характера и направленности влияния приливо-отливных процессов на формирование русел и прирусловых геосистем в устьевых областях рек.

В районе верхней границы устьевых областей рек, относящихся к эстуарно-дельтовому типу, в результате деятельности приливо-отливных процессов происходит аккумуляция взвешенных наносов и формирование геосистем барьерного типа.

Крайним проявлением развития данного процесса у малых и части средних рек является формирование полных или частичных непропусков речных вод системой болотных массивов или эоловых накоплений.

Реакцией на развитие приливо-отливных процессов в устьевых участках рек (выше дельты) является двухступенчатая дифференциация морфолого-морфометрических характеристик русла и развитие подпорных явлений за пределами верхних границ устьевых областей.

## Литература

1. Зубенко Ф.С., Нерода Л.М. Контактные и дистанционные методы исследования взвешенных примесей в эстуариях // Социально-экологические проблемы интенсивного освоения устьевых приморских регионов: тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 1987. С. 123–125.
2. Каплин П.А., Селиванов А.О. Глобальное потепление климата и его влияние на уровень морей и береговые процессы // Современные глобальные изменения природной среды. Т.2. М.: Научный мир, 2006. С. 94–121.
3. Коротаев В.Н. Устья рек // Эрозионные процессы (географическая наука практике). М.: Мысль, 1984. С. 191–197.
4. Коротаев В.Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
5. Лабутина И.А., Сафьянов Г.А., Шарлай Т.Г. Исследование распространения взвесей в море по многозональным аэрофотоснимкам // Докл. АН. 1976. Т. 230, № 2. С. 536–538.
6. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек. М.: ГЕОС, 1997. 176 с.
7. 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.
8. Самойлов И.В. Устья рек. М.: Географгиз, 1952. 526 с.
9. Чалов С.Р., Прокопьева К.Н. Оценка баланса взвешенных наносов в дельте р. Лена по данным дистанционного зондирования Земли // Исследования Земли из космоса. 2021. № 3. С. 19–29. DOI: 10.31857/S0205961421030027.
10. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Корона, 2009. 684 с.
11. Экология эрозионно-русловых систем России / под ред. Р.С. Чалова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 163 с.
12. Albanakis K.S. Testing of a model for the simulation of the volume reflectance of water due to suspended sediment under controlled conditions, for various sediment types // International J. Remote Sensing. 1990. V. 11. № 9. P. 1533–1547. DOI: 10.1080/01431169008955112.
13. Bhargava D.S., Mariam D.W. Light penetration depth, turbidity and reflectance related relationship and models // ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing. 1991. V. 46. № 4. P. 217–230. DOI: 10.1016/0924-2716(91)90055-z.
14. Doxaran D., Froidefond J.-M., Castaing P. A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters // International J. Remote Sensing. 2002. V. 23. № 23. P. 5079–5085. DOI: 10.1080/0143116021000009912.