

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРОЛОГИИ
УСТЬЕВ РЕК (К 90-ЛЕТИЮ В.Н. МИХАЙЛОВА)

УДК 556.54:551.417(287.257.4)

УСТЬЕВЫЕ УЧАСТКИ РЕК ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ
ОХОТСКОГО МОРЯ И РОЛЬ ЛЬДА В ФОРМИРОВАНИИ
ИХ РУСЕЛ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ПРИЛИВОВ

© 2022 г. А. Н. Махинов*

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН – обособленное подразделение
Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН, Хабаровск, 680000 Россия*

**e-mail: amakhinov@mail.ru*

Поступила в редакцию 02.03.2022 г.

После доработки 28.03.2022 г.

Принята к публикации 29.03.2022 г.

Установлено большое разнообразие устьев рек на западном побережье Охотского моря, обусловленное геоморфологическими особенностями территории и специфическим воздействием на их формирование высоких морских приливов и активных ледовых явлений. Рассмотрены факторы, влияющие на динамику устьев при совместной деятельности приливов и льда. Установлено, что речной лед во время приливов испытывает интенсивные деформации и образует береговые ледяные барьеры, защищающие крутые берега рек от размыва. За пределами русла лед производит значительную экзарацию берегов, формируя своеобразные террасовидные поверхности вдоль рек. Для количественной оценки содержания терригенного материала во льду использовался метод послойного анализа содержания включений с учетом их неравномерного распределения в ледяном керне. Основная масса наносов р. Тугур осажается вблизи ее устья в южной части Тугурского залива. Лед вследствие малых глубин во время отлива ложится на грунт на большой площади, способствуя включению в него значительной массы терригенного материала. В результате проведенных исследований установлено, что одна из основных причин, препятствующих формированию дельты в устье р. Тугур, – вынос льдами из устьевой зоны приемного водоема поступающих в ее пределы взвешенных и влекомых наносов.

Ключевые слова: Западное Приохотье, устья рек, приливы, ледовые явления, терригенный материал.

DOI: 10.31857/S0321059622050108

ВВЕДЕНИЕ

Освоение побережий дальневосточных морей в первую очередь происходит на участках вблизи впадения крупных рек, где располагаются населенные пункты, базы горнопромышленных и рыболовецких предприятий. Несмотря на имеющуюся необходимость получения надежной информации о динамике речных русел в пределах этих территорий, выявление особенностей русловых процессов представляет собой сложную задачу, поскольку в рассматриваемом регионе большую роль в формировании и динамике русел рек играют специфические природные факторы, среди которых в первую очередь следует отметить высокие приливы и активную деятельность ледовых явлений.

Особенности русловых процессов рек обширной территории Западного Приохотья изучены крайне слабо [17]. В еще большей степени это относится к их устьевым участкам. Имеются лишь немногочисленные наблюдения, полученные в

ходе различных изыскательских работ на конкретных объектах, в основном связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых, обоснованием проектов строительства береговых сооружений или оценкой устойчивости берегов [5]. Вместе с тем в исследованиях береговых систем Дальнего Востока динамика устьев рек отражена недостаточно ([6, 8] и др.). В обобщающих сводках устьям малых рек совсем не уделяется внимания [7, 19]. Даже в специальной работе, посвященной устьевым процессам рек Дальнего Востока [3], приведены характеристики лишь наиболее крупных водотоков региона. При этом в основном рассматриваются особенности взаимодействия речных и морских вод в устьевых областях рек и остаются слабо освещенными вопросы механизма и динамики русловых переформирований в их пределах.

Исследования, проведенные в 1980–1990 гг. в связи с проектированием Тугурской приливной электростанции, наряду с другими поисковыми задачами показали необходимость детального

изучения процессов динамики перераспределения стока наносов в устьевых областях рек. Примером подобных работ могут служить выполненные в последние годы исследования процессов формирования устьев малых рек на о. Сахалин в связи с разработкой мероприятий по их расчистке для беспрепятственного прохода лососевых рыб на нерест [4].

Реки юго-западного побережья Охотского моря весьма разнообразны по своим размерам, морфодинамическим типам, водному и русловому режиму, а также по составу аллювиальных отложений. Вследствие своего положения водораздела между Тихим и Северным Ледовитым океанами близко к морскому побережью они имеют относительно небольшую протяженность. Морфология русел рек в пределах устьевых участков определяется размерами водотоков, уклонами днищ долин, составом русловых отложений, характером взаимодействия речного потока с морскими береговыми процессами. Особые условия формирования устьев рек региона связаны с большим стоком наносов, высокими приливами и активностью ледовых явлений в связи с суровостью климата. Все эти факторы обуславливают большое разнообразие морфологических типов русел и своеобразие русловых процессов в устьях рек рассматриваемой территории.

Актуальной остается также проблема типизации устьевых зон рек. Есть различные подходы к выделению типов устьев по геоморфологическим, гидрологическим, морфологическим и другим критериям. Наиболее обоснованной в настоящее время представляется типизация, разработанная на основе комплексного подхода к делению устьевой области реки [13]. Выделенные в данной статье типы устьев малых и средних рек Западного Приохотья вполне вписываются в рамки предложенной этими авторами типизации и уточняют ее для сравнительно небольших водотоков (простых устьевых областей рек по [13]), на которые воздействуют высокие приливы или особенности геоморфологического развития побережья.

Цель работы – выявление особенностей современного морфолитогеоза в устьевых частях рек в условиях высоких приливов и активной ледовой деятельности в пределах юго-западного побережья Охотского моря.

МЕТОДЫ

Экспедиционные исследования проводились на более чем 20 водотоках различных размеров на всем протяжении побережья от г. Охотска до зал. Счастья. Среди них более детально изучались низовья рек Киран, Тугур, Кутын, Ульбан, Сыран, Иктинго, Эльгандя, а также малые водотоки

на побережьях заливов Тугурского, Ульбанского, Николая, Александры и на о. Феклистова из группы Шантарского архипелага (рис. 1). Исследования проводились не только в летний, но и в зимний периоды. Определялись морфологические и морфометрические характеристики основных рукавов рек, состав русловых аллювиальных отложений. На отдельных участках летом делались промеры глубин поперек русла, зимой проводилось нивелирование ледовой поверхности в устьевой части р. Тугур на участках нарушенного приливом льда. В 2016–2020 гг. использовались снимки, полученные с помощью БПЛА DJI Phantom 4 с высоты 100–350 м штатной съемочной аппаратурой. На основе обработки данных получены ортофотомозаики и цифровые модели местности на устьевых участках некоторых рек с пространственным разрешением 8 см/пиксель, что соответствует масштабу 1 : 300 (реки Иктинго, Сыран, Ульбан и ряд менее крупных водотоков).

С помощью механического бура бурили скважины во льду на морской осушке на разном расстоянии от устья р. Тугур. Из каждой скважины получали керн диаметром 15 см и после осмотра делали его послыйное описание. Определялись цвет, прозрачность льда, наличие и характер включений. Для количественной оценки содержания терригенного материала ледяной керн послойно распиливали на части с учетом характера включений. Из каждого слоя керна отбирали пробы, которые растапливали в стеклянной емкости при комнатной температуре. После фильтрации измеряли объем полученной воды. Фильтр высушивали при температуре 105°C до постоянной массы, после чего взвешивали для определения массы включенного в лед вещества. Всего проанализировано более 200 проб из 25 кернов.

МАТЕРИАЛЫ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Разнообразие устьев рек Охотского побережья

Реки западного побережья Охотского моря имеют своеобразные особенности, существенно отличающие их от водотоков других регионов. Геологическое строение юго-западного побережья Охотского моря предопределило широкое распространение магматических и осадочных палеозойских пород, обладающих высокой прочностью и устойчивостью к денудационным процессам и к истиранию обломков пород при переносе водным потоком. Это обуславливает преимущественно валунно-галечный состав аллювиальных отложений в верхних звеньях речной сети и более мелкий, в основном мелкогалечно-песчаный, состав речных отложений в нижних частях водотоков.

Горный сильно расчлененный рельеф определяет значительные уклоны днищ речных долин и

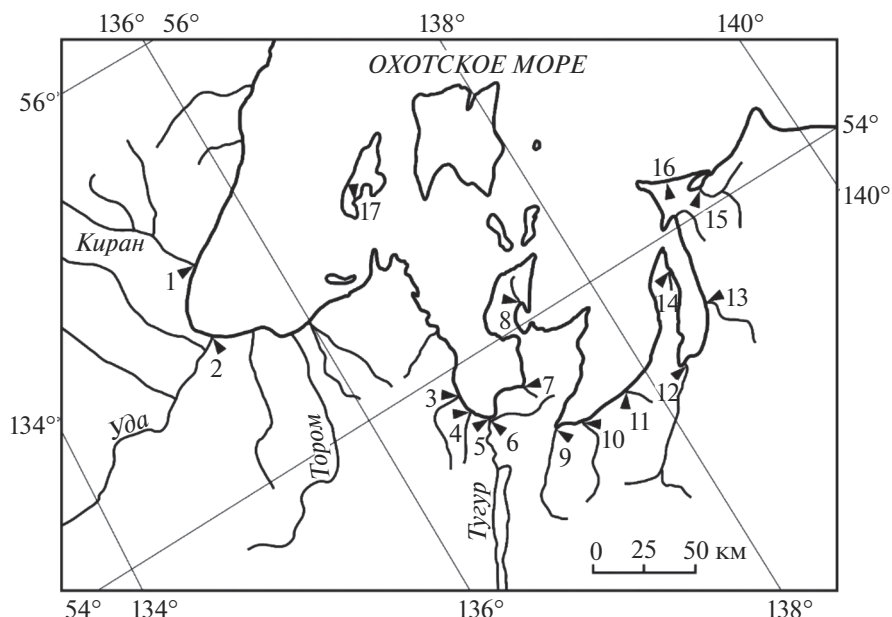


Рис. 1. Схема района исследований устьев рек. Цифрам на схеме обозначены водотоки: 1 – Киран, 2 – Уда, 3 – Маймагун, 4 – Амуйкан, 5 – Тугур, 6 – Кутын, 7 – Эльгикан, 8 – Эльганде, 9 – Ульбан, 10 – Сыран, 11 – Иткан, 12 – Усалгин, 13 – Иктинг, 14 – Мшанка, 15 – Мухтель, 16 – Кривун, 17 – Корифан.

большие скорости течений воды. Наиболее крупные реки, за исключением Тугура, имеют протяженность 40–90 км. Малые водотоки, длиной в пределах 3–10 км, имеют горный характер. Доля глинистого материала в аллювиальных отложениях этих рек незначительна [14]. В нижних течениях многие реки пересекают малые приморские низменности, в пределах которых уклоны водного потока небольшие. В этом случае аллювиальные отложения представлены мелкогалечным материалом, а на отдельных участках русла – песчаным и песчано-илистыми русловыми отложениями.

Суровые климатические условия региона обуславливают продолжительную зиму с низкой температурой воздуха. Реки с начала ноября по конец мая покрываются льдом толщиной до 1.5 м. В пределах осушки лед при отливе ложится на грунт, а в прилив всплывает. Летом вторжения южных циклонов вызывают интенсивные ливни, обуславливая кратковременные мощные паводки. Сильные наводнения выполняют эрозионно-аккумулятивную функцию в руслах рек. В это время происходит активное переформирование русел, возникновение новых и деградация старых рукавов, в том числе на их устьевых участках.

Активность береговых абразионно-аккумулятивных процессов – существенный фактор, влияющий на строение русел и их динамику в устьях рек. В исследуемом районе берега на значительной протяженности относятся к денудационному и денудационно-абразионному типам. Они сло-

жены прочными скальными породами, и поэтому скорость их разрушения незначительна [11]. Но на отдельных участках с более податливыми к денудации породами отступление берега достигает нескольких сантиметров в год, из-за этого образуются уступы с водопадами при впадении водотока в море. Менее распространены абразионные и абразионно-аккумулятивные берега. Они приурочены к малым приморским равнинам, а также к конусам выносов наиболее крупных водотоков. В формировании берегов всех типов велика роль ледовых образований [1, 21].

Для рассматриваемого побережья характерны высокие приливы амплитудой 5–8 м со сложными приливно-отливными течениями в больших заливах – Тугурском, Ульбанском, Николая и др. Максимальной величины (9.0 м) приливы достигают в Тугурском заливе. В заливах Ульбанском и Николая приливно-отливные колебания уровней воды составляют 5–6 м, а на открытых участках побережья 4–5 м. Подъем уровня во время нагонов со стороны открытого моря увеличивается еще на 1.0–1.5 м. Во время отливов в заливах на время обнажается обширная илистая осушка, достигающая местами нескольких километров. Скорость течения в акваториях заливов >1.0 м/с. Приливы проникают вверх по течению реки на несколько километров – 24 км в реках Ульбан и Сыран и 40 км в р. Тугур. Реверсивное течение в устье вверх по реке во время прилива с максимальной скоростью 0.4–0.5 м/с постепенно замедляется. В отлив скорость течения воды в русле

Таблица 1. Морфологические типы устьев рек юго-западного Приохотья

Типы устьев рек	Уклоны в низовьях	Состав руслового аллювия	Примеры рек
Реки с лагунными озерами в устье	0.001–0.01	Галечный	Мухтель
Реки с временными озерами в устье	0.001–0.01	Галечный	Иктинго, Маймагун
Реки с эстуариями	0.005–0.02	Песчано-мелкогалечный	Тугур, Усалгин, Эльганде
Канализированные русла	<0.001	Илистый	Кутын, Сыран, Ульбан, Эльго
Реки с надводными дельтами в устье	0.01–0.05	Галечный	Тором, Уда
Водотоки с блокированными устьями	<0.02	Галечно-валунный	Мшанка, Иткан, малые водотоки
Водотоки без аккумулятивных форм в устье	0.05–0.15	Валунно-галечный	Малые водотоки
Водотоки с водопадными (висячими) устьями	0.2–1.0	Отсутствует	То же

реки намного превышает приливной водный поток, обеспечивая перенос всего поступающего в реку терригенного материала.

Природные факторы обуславливают большое разнообразие устьев рек в юго-западной части Охотского побережья. По своим морфологическим особенностям среди них выделяется несколько типов (табл. 1).

Особое место занимают реки, впадающие в достаточно большие, но мелководные лагунные озера. Пример – р. Мухтель, ее сток осуществляется в одноименное озеро, максимальная глубина которого 3.9 м. В устье она образует клювовидную дельту, выдвинутую в озеро на 1.3 км, шириной 2.0 км у основания. Дельта имеет тенденцию к увеличению размеров. Ее поверхность сильно заболочена, здесь много небольших мелководных (глубиной 0.2–0.3 м) озер с глинистым дном и нечетко выраженными заросшими берегами. Вдоль русла р. Мухтель на этом участке протягиваются невысокие прирусловые валы, плавно и незаметно сливающиеся с окружающей поверхностью дельты.

Весьма своеобразные устья формируются на побережье Тугурского залива, для которого характерны наиболее высокие приливы. Здесь часто встречаются водотоки, устьевая часть которых во время приливов заполняется морской водой, образуя временные озера-заливы глубиной до 4 м (устье р. Маймагун и др.). В отлив вода уходит, обнажая дно, которое пересекается водотокком. Отложения здесь весьма своеобразны – они представлены несортированной смесью разного гранулометрического состава – от валунов до илистых осадков.

Многие крупные реки, пересекающие обширные аккумулятивные равнины, не образуют ярко выраженных дельт и впадают в море одним широким рукавом в виде четко выраженного эстуария.

К ним относятся реки Тугур в Тугурском заливе, Эльганде в зал. Константина, Усалгин в зал. Николоя и ряд других. Указанные водотоки имеют в нижнем течении разветвленное русло, нередко состоящее из 5–7 рукавов в поперечном сечении. Отложения в русле и на берегах представлены мелкогалечно-песчаным материалом. Непосредственно перед устьем на протяжении ~4 км русло достигает своей максимальной ширины, приобретая в поперечном сечении слабо вогнутую форму.

Весьма своеобразное строение имеют канализированные одорукавные извилистые русла. Они распространены только в пределах низменных приморских равнин. Для них на всем протяжении характерно отсутствие плесов и перекатов. В своих низовьях на значительном протяжении, зависящем от дальности проникновения приливов, эти реки имеют своеобразную симметричную ложбинообразную форму русла. Русла их имеют форму каналов с крутыми глинистыми берегами и равномерной глубиной в поперечном сечении. В их формировании большую роль играют приливно-отливные течения; особенно – стремительные стоковые течения при отливах, а также значительно воздействие на берега и дно речных льдов, проводящих активную экзарационную работу в зимнее и весеннее время [12]. При этом сами реки характеризуются одорукавностью. Они сильно меандрируют, образуя местами почти полные окружности.

Устья большинства рек, преимущественно малых размеров, в пределах гористых побережий располагаются на одном уровне с поверхностью моря. Обычно такие водотоки характеризуются большими уклонами и быстрым течением. Эти реки выносят большое количество крупнообломочного (галечно-валунного) материала, образующего аккумулятивные тела в виде конусов выноса [2]. Во время паводков гравийно-галечный материал выносится в пределы морской осушки,

перекрывая ее глинисто-щебнистые отложения. Русло водотоков в пределах конусов выноса нередко разделяется на несколько отдельных водных потоков, часто изменяющих свое местоположение.

Блокированные устья характерны для побережий с интенсивным вдольбереговым перемещением морских наносов у отмелых берегов морских заливов и широко распространены на побережьях дальневосточных морей [8]. Многие малые реки в заливах Ульбанском и в Николая, а также вдоль берегов открытого моря (р. Ал) отделены от морской акватории протяженными и высокими береговыми валами. Длина их составляет 400–1500 м, ширина – 30–50 м. На небольших водотоках нередко происходит полная блокировка устьев. На Сахалине ей подвержены короткие (длиной до 20 км) и маловодные реки [4]. Наиболее древние участки валов (в устьях рек Иткан в зал. Ульбанском, Мшанки в зал. Николая и некоторых других) покрыты травянистой растительностью, образующей небольшие фрагменты приморских лугов. Во время штормов аккумулятивные косы подвергаются разрушению со стороны моря и нарастают с противоположной стороны, что свидетельствует об их медленном смещении в сторону суши.

На рассматриваемом побережье довольно часто встречаются водотоки, которые впадают в море водопадами со скалистых уступов. Такие уступы образуются на берегах с интенсивными абразионными процессами. На этих участках размыв берега происходит значительно быстрее, чем эрозия в нижнем течении водотока успевает углубить русло. Высота водопадов обычно составляет от 5 до 25 м. На некоторых береговых уступах подобные водотоки образуют каскады небольших водопадов высотой 7–10 м. Такие преимущественно малые реки протяженностью от 3 до 15 км иногда называют водотоками с “висячими” или водопадными устьями. Они широко распространены в заливах Ульбанском, Академии и особенно – на Шантарских островах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устьевые процессы р. Тугур в зоне осушки

Река Тугур, впадающая в губу Асман в южной части Тугурского залива, – одна из наиболее крупных на рассматриваемой части побережья. Площадь ее бассейна составляет 11 800 км², среднегодовой расход воды оценивается в 180 м³/с. Река в нижнем течении и непосредственно перед устьем имеет разветвленное русло, однако впадает в море одним потоком, собирающимся непосредственно перед осушкой. Надводная дельта представлена небольшим фрагментом в виде незначительных по размерам островов (рис. 2). Зи-

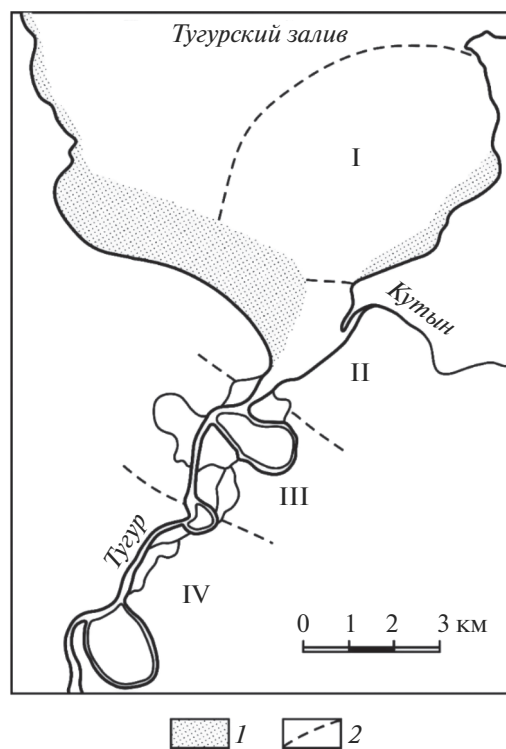


Рис. 2. Схема строения устьевой области р. Тугур. 1 – осушка, 2 – границы основных частей устьевой области реки: I – устьевая зона приемного водоема, II – эстуарий, III – дельта, IV – устьевой участок реки.

мой в прилив следы подпора приливной волны в виде фрагментированных обломков льда на берегах и ледяной поверхности русла отмечаются на расстоянии вверх по реке до 15 км от устья. При отливе речная вода расплывается по осушке в виде широкого мелкого потока с быстрым течением и малыми глубинами, формируя своеобразный устьевой бар, сложенный преимущественно песчано-илистыми отложениями и мелкой галькой.

Значительную площадь южной части Тугурского залива занимает щебнисто-глинистая осушка, представляющая собой своеобразную подводную дельту реки в пределах устьевой зоны приемного водоема. Ее ширина вдоль западного берега залива к С от устья р. Тугур местами достигает 4 км. Осушка периодически покрывается водой и в отлив обсыхает. Она слабо наклонена в сторону моря и сложена преимущественно глинистыми осадками, их верхний слой (0.4–0.5 м) находится в полужидком (желеобразном) состоянии. Ниже залегают более плотные глины. На поверхности осушки и на различной глубине в ее отложениях заключено большое количество крупнообломочного материала – дресвы, щебня, гальки и валунов. Изредка встречаются погруженные в глини-

Таблица 2. Содержание (%) верхнего слоя отложений на осушке в зоне распластывания стока р. Тугур

Расстояние от устья, м	Фракции, мм					
	0.5–0.1	0.1–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001
30	3.00	17.03	12.72	16.90	37.10	13.25
400	2.67	8.25	34.30	14.91	31.80	10.07
800	1.00	8.54	28.47	15.35	32.33	14.31
1500	0	6.20	36.76	27.30	21.20	9.54

стую толщу глыбы размером до 3 м в поперечнике. Некоторые из них лежат непосредственно на поверхности. Они перенесены льдом от подножий высоких денудационно-абразионных уступов на расстояние до 2 км.

Пересекающие осушку реки и ручьи распластываются широким потоком на ее поверхности, не врезаясь в толщу морских отложений. Непосредственно в устье р. Тугур осушка расположена гипсометрически на 2–3 м выше, чем другие прилегающие части залива. На ней имеется несколько широких ложбин глубиной 0.7–1.0 м, по которым осуществляется сток речной воды. Эти ложбины при максимальном отливе пересекают осушку на протяжении до 4 км. Отложения ложбин представлены мелкогалечно-песчаным материалом. В пределах осушки в отлив даже в безветренную погоду вода характеризуется высокой мутностью. По данным многочисленных измерений, выполненных летом 1989 г., содержание терригенных веществ в воде Тугурского залива вблизи устья р. Тугур было в пределах 41.2–226.6 мг/дм³.

Тугур выносит в залив в среднем 235 800 т в год взвешенных и влекомых терригенных веществ, основная часть которых накапливается в устьевой зоне приемного водоема преимущественно на осушке, образуя слабо морфологически выраженную подводную дельту [10], представляющую собой расширяющийся в сторону залива конус выноса, сложенный речным аллювием – гравийно-песчано-глинистыми плотными осадками, соответствующими по составу русловой фации нижнего течения р. Тугур.

Донные наносы Тугура на участке реки выше зоны приливного подпора представлены песчано-гравийно-мелкогалечным материалом. Во время крупных летних паводков эти отложения переносятся и оседают в зоне распластывания речных вод на осушке, хорошо выраженной при отливе. Здесь накапливаются в основном песчано-илистые отложения (табл. 2). Наиболее тонкий по составу терригенный материал во взвешенном виде переносится в центральную часть залива, а также частично оседает за пределами ложбин стока на осушке, с которой в дальнейшем переносится другими агентами – приливно-отливными течениями и льдом.

В зимнее время южная часть Тугурского залива покрыта припайными льдами, достигающими в ширину нескольких километров. На значительной площади лед лежит на грунте. На мористом участке припайный лед в пределах осушки в прилив поднимается, а в отлив вновь ложится на грунт. Он обычно разбит трещинами, параллельными берегу, и торосист. Высота торосов достигает 2.0 м, местами имеются стамухи высотой до 7 м. Толщина льда к концу зимы на слабо торосистых участках достигает 1.4 м. Во многих местах в прилив по трещинам вода поднимается на поверхность и замерзает, образуя многочисленные наледи.

Сведения о содержании взвешенного терригенного вещества во льдах, о путях их передвижения и о массе перемещаемого материала имеются для прибрежных участков разных морей [15, 16, 18]. По наблюдениям автора статьи, основной процесс включения терригенного материала в лед в Тугурском заливе – послойное вмержание осадков в основание льдин при их оседании на дно в отлив и всплывании во время прилива, описанный в работе Г.А. Тарасова [16].

Измерения содержания терригенного материала во льду на различном расстоянии от устья р. Тугур показали его существенную неоднородность в различных слоях льда (табл. 3). Также отмечается уменьшение количества включений в лед с удалением от устья реки в сторону моря.

В начале лета загрязненный терригенным материалом лед постепенно выносится из залива в открытую часть моря, перемещая значительное количество обломочного материала с осушки. Приблизительные оценки его массы во льдах на осушке Тугурского залива в районе устья р. Тугур на основе полученных по данным измерений средних содержаний терригенных включений показывают ее количественное соответствие объему наносов, приносимых рекой в пределы осушки. Подобная ситуация отмечается в других регионах с подобными климатическими условиями. Так, по наблюдениям в эстуарии р. Святого Лаврентия (Канада), около половины приносимого этой рекой материала выносится с осушки в море [20].

Взвешенное вещество в водных массах Тугурского залива может быть охарактеризовано про-

Таблица 3. Количество терригенных веществ во льду на осушке Тугурского залива в зоне распластывания потока р. Тугур

Дата отбора проб	Расстояние от устья, м	Слой льда в керне, см	Содержание, г/дм ³
21.12.1989	10	0–14	0.074
		14–29	2.79
		29–50	0.052
		50–60	0.15
		60–80	22.14
		80–110	44.51
		110–130	2.09
21.12.1989	30	0–25	28.58
		25–65	2.08
		65–95	5.17
		95–105	49.13
24.12.1989	250	0–8	0.16
		8–17	2.66
		17–34	0.30
		34–50	1.63
		50–82	6.47
		82–97	4.39
24.12.1989	1000	0–11	0.19
		11–27	2.43
24.12.1989	1500	0–10	0.59
		10–70	3.55
		70–105	0.88
		105–130	0.36

зрачностью и концентрацией взвешенного материала. Прозрачность воды залива колеблется в пределах 3–7 м. Поля высокой прозрачности (5–7 м) – наибольшие по площади, причем во время прилива и в полную воду они увеличиваются в размерах. Невысокая прозрачность (<3 м) характерна для прибрежных мелководий, осушки в губе Асман и района устья р. Эльгикан.

Распределение полей прозрачности указывает на очень непростую динамику водных масс и на ее зависимость от количества и качества взвесей. Структура полей прозрачности менее сложная в прилив, что обуславливается движением в южную часть Тугурского залива высокопрозрачных морских вод.

Исходя из данных о распределении прозрачности воды в Тугурском заливе во время прилива и отлива, можно сделать вывод о незначительном выносе морскими течениями взвешенных наносов из акватории залива. Вынос обломочного материала льдом играет более существенную роль в осадконакоплении в южной части залива и в формировании донного рельефа акватории.

Таким образом, одно из основных препятствий для формирования дельты в устье р. Тугур – вынос льдами взвешенных и влекомых наносов, поступающих с речным стоком.

Особенности формирования русел приустьевых частей рек в зоне влияния приливов

Большинство средних по размерам рек побережья пересекает приморские равнины и впадает в море одним руслом. Это реки Кутын и Эльгикан (Тугурский залив), Эльганде (зал. Константина), Сыран, Ульбан (Ульбанский залив), Усалгин (зал. Николая) и др. В нижнем течении они интенсивно меандрируют, образуя сложные излучины разных порядков, форм и размеров. При этом излучины достаточно устойчивы и не имеют следов активных преобразований.

Зимние наблюдения показали, что ледяной покров рек в зоне влияния приливов имеет своеобразное строение и весьма динамичен. Во время приливов лед взламывается по протяженным продольным трещинам, а при отливе вдоль русла

посередине образуется вал высотой до 2.5 м из стоящих вертикально или под большим углом обломков льдин разного размера. При этом вертикально стоящие ледяные глыбы местами располагаются также вдоль берегов. Трещинообразование сопровождается излиянием подледной воды, в результате чего повсюду в понижениях ледяной поверхности возникают наледи. Зимой этот процесс происходит многократно. В нижнем течении р. Тугур толщина слоя наледного льда на таких участках достигает 0.7 м.

Вдоль крутых берегов с обеих сторон русла при отливно-приливных явлениях лед постоянно взламывается с образованием относительно небольших обломков со сглаженными углами и ребрами размером от 10–20 см до 1.5 м. Некоторые из них имеют форму идеальных шаров. Эти обломки смерзаются и толстым слоем перекрывают береговой откос реки. Пустоты между обломками постепенно заполняются намерзающим льдом при поступлении воды во время прилива. Вся эта сложно построенная ледяная масса в виде массивного барьера плотно примерзает к берегу, предохраняя его от разрушения.

В течение зимы происходят постоянный рост барьеров и, соответственно, нарастание ледяной массы в руслах рек. Во время приливов при дроблении льда в реке отдельные глыбы выталкиваются вверх и в стороны на расстояние до 50 м от края русла. Размеры наиболее крупных обломков льда достигают 5 м в поперечнике. Ледяные глыбы образуют беспорядочно расположенные валы и рассеянные скопления за пределами речного русла.

Выталкиваемые из русла реки на прилегающую поверхность обломки льда насыщены терригенным материалом. При высоких приливах эти обломки примерзают к грунту, вмораживая в толщу льда прослойки и линзы толщиной до 30 см, состоящие из рыхлого материала подстилающих отложений. По данным измерений в низовьях р. Тугур, средняя величина рассеянных включений во льду – 1.5 г/кг.

По наблюдениям в низовьях рек Тугур и Кутын, крутые берега речного русла с обеих сторон продолжают протяженными вдоль реки слабо-наклонными приливными площадками шириной до 70 м. Морфологически они напоминают высокие поймы или речные террасы. В тыловой части уступом высотой в несколько метров площадки сочленяются с заболоченной поверхностью высокой поймы или приморской равнины. На них залегают слои плохо сортированного терригенного преимущественно суглинистого материала с включением гальки и небольших валунов. Наибольшей ширины такие площадки достигают непосредственно в устье реки и постепенно выклиниваются вверх по течению, протягиваясь на несколько километров. Подобные площадки вы-

явлены также в низовьях рек Эльганде в зал. Константина и Сыран в зал. Ульбанском.

Таким образом, образование площадок вдоль русел рек в зоне влияния приливов происходит в результате экзарационного воздействия глыб речного льда, выталкиваемого во время высоких приливов на прилегающую к руслу поверхность. Эти глыбы примерзают к грунту, захватывая большое количество подстилающих отложений. Во время отливов и весеннего половодья терригенный материал со льдом выносятся в море, образуя в результате подобие узкой поймы в прирусловой части реки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водный режим рек западного побережья Охотского моря и русловые процессы в них, особенно в нижнем течении, отличаются большим разнообразием, обусловленным геоморфологическими особенностями территории. Морфология устьевых участков русел рек определяется крупностью водотоков, уклонами днищ долин, составом аллювиальных отложений, влиянием морских приливов, своеобразным ледовым режимом, а также характером взаимодействия речного потока с морскими береговыми процессами.

Одна из основных причин, препятствующих формированию дельты в устье р. Тугур, – вынос льдами поступающих из ее бассейна взвешенных и влекомых наносов. Учитывая твердый сток р. Тугур, равный 235 800 т наносов в год, и то, что основная масса наносов осаждается вблизи устья реки в пределах подводной дельты на площади 30 км², дно залива должно повышаться со средней скоростью ~4.0 мм/год. Эта величина близка к скорости снижения поверхности дна залива за счет выноса терригенного материала со льдом с осушки в пределах устьевой зоны приемного водоема в открытую часть Тугурского залива. Таким образом, ледовый перенос грунта препятствует образованию надводной дельты в устье р. Тугур, несмотря на ее довольно существенный сток наносов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арчиков Е.И., Степанова Л.Е., Майоров И.С. Роль ледовых образований в развитии береговых геосистем Охотского моря. Владивосток: Изд-во Дальневосточ. ун-та, 1989. 112 с.
2. Астахов А.С. Позднечетвертичное осадконакопление на шельфе Охотского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 140 с.
3. Гидрология морских устьев рек Дальнего Востока. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 183 с.
4. Горбунов А.О. Морфология и особенности динамики устьев рек о. Сахалин. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб.: РГПУ, 2012. 24 с.

5. *Забелина Э.К.* Миграция прорвы р. Охоты и влияние ее на динамику берега // Тр. океанографической комиссии. 1961. Т. 12. С. 67–72.
6. *Игнатов Е.И.* Береговые морфосистемы. Смоленск: Маджента, 2004. 362 с.
7. *Коротаев В.Н.* Очерки по геоморфологии устьевых и береговых систем. М.: Географ. фак. МГУ, 2012. 540 с.
8. *Короткий А.М., Худяков Г.И.* Экзогенные геоморфологические системы морских побережий. М.: Наука, 1990. 216 с.
9. *Луначев Ю.В.* Динамическое взаимодействие морских и речных вод в приливных устьях рек // Тр. ГОИН. 1984. Вып. 172. С. 64–82.
10. *Махинов А.Н., Иванов А.В.* Гляциоморфолитогенез в устьях приливных рек юго-западной части Охотского моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Кн. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2001. С. 45–50.
11. *Махинов А.Н., Караванов К.П., Болдовский Н.В.* Современные геоморфологические процессы на побережье Японского моря и Татарского пролива в пределах Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса // Геоморфологическое строение и развитие зон перехода от континентов к океанам. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 59–60.
12. *Махинов А.Н., Крюкова М.В., Пронкевич В.В.* Ульяновский залив // Природа. 2017. № 8. С. 32–43.
13. *Михайлов В.Н., Горин С.Л.* Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Вод. ресурсы. Т. 39. № 3. 2012. С. 243–257.
14. *Полунин Г.В.* Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата (физические аспекты экзогенных процессов). М.: Наука, 1983. 247 с.
15. *Степанова Л.Е.* Количественная оценка роли прибрежных льдов в динамике берегов Охотского моря // Экзогенное рельефообразование на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 90–97.
16. *Тарасов Г.А.* Количественная оценка терригенных включений морского льда в прибрежной зоне Баренцева моря // ДАН СССР. 1981. Т. 256. № 4. С. 936–938.
17. *Чалов Р.С.* Русловой режим рек Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1994. 336 с.
18. *Чувардинский В.Г.* Геолого-геоморфологическая деятельность припайных льдов (по исследованиям в Белом море) // Геоморфология. 1985. № 3. С. 70–77.
19. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.
20. *Dionne Jean-Claude* An estimate of shore ice action in a *Spartina* tidal marsh, St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada // *J. Coast Res.* 1989. № 2. S. 281–293.
21. *Makhinov A.N., Ivanov A.V.* On a role of Sea Ice in morpholitegenesis of Okhotsk Sea coasts // The eighth int. Sympos. Okhotsk Sea. Mombetsu: Hokkaido Univ., 1993. P. 452–462.