

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды
(Росгидромет)**

ПРОЕКТ

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РУКОВОДСТВО

ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ МОРСКИХ УСТЬЕВ РЕК

Дата введения – 20__ – 01 – 01

Москва 201_

Оглавление

2 Область применения	3
3 Нормативные ссылки.....	4
4 Сокращения	5
5 Общие положения	6
6 Устьевая наблюдательная сеть.....	12
7 Методика выполнения работ	17
8 Исследования климата.....	21
9 Сток воды и его распределение по рукавам.....	33
10 Сток наносов и его распределение по рукавам.....	46
11 Динамика гидрографической сети, рельефа дна взморья и русловые процессы	57
12 Уровень	83
13 Течения на устьевом взморье	100
14 Соленость воды.....	111
15 Температура воды.....	120
16 Ледовые явления.....	126
17 Гидрохимический режим	142
18 Отчетность устьевых станций.....	145

1 Область применения

Настоящий руководящий документ устанавливает порядок и основные методы исследования гидрологического режима устьевых областей рек и некоторые методы наблюдений, специфические для устьев и отсутствующие в речных и морских Наставлениях гидрометеостанциям и постам.

Руководство предназначено для устьевых и морских гидрометеорологических станций и обсерваторий, различных проектно-изыскательских и научных организаций, проводящих исследования и изыскания в морских устьях рек.

В Руководстве изложены вопросы организации устьевых станций, экспедиционных работ и методики их проведения.

Конкретные методы исследования режима по элементам: стока воды и наносов и их распределения по рукавам, динамики гидрографической сети дельты и дна взморья, русловых процессов, уровня воды, течений, волнения, солености, температуры воды, ледовых явлений и гидрохимического режима устьевой области приводятся в «Руководство по гидрологическим исследованиям в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. М.: Гидрометеоиздат, 1972»

2 Нормативные ссылки

3 Сокращения

УО	- устьевая область реки
ВГУО	- верхняя граница устьевой области
МГУО	- морская граница устьевой области
УС	- устьевая станция
СИ	- средства измерения
ЦГМС	- центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Росгидромет	- Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
МС	- метрологическая служба

4 Общие положения

4.1 Устьевая область реки (устье реки) представляет собой особый географический объект, расположенный в месте впадения реки в приемный водоем (океан, море), имеющий своеобразные морфологию, гидролого-гидрохимический режим и уникальный, часто аazonальный, ландшафт и характеризующийся специфическими устьевыми процессами: динамическим взаимодействием и смешением вод реки и приемного водоема и отложением и переотложением речных и частично морских наносов, нередко приводящим к формированию дельты.

4.2 Устьевая область представляет собой зону взаимодействия и смешения двух водных масс (пресной речной и соленой морской) с различными физическими и химическими свойствами. Эта область имеет сложную гидрографическую сеть с разнообразными условиями поступления речных вод в водоем. Как часть реки устьевая область связана с бассейном реки, поэтому процессы формирования стока воды и наносов, их величина и распределение, русловые и ледовые процессы, гидрохимический режим речных вод и другие факторы влияют на режим устьевой области. Как часть прибрежной зоны моря она подвержена воздействию ветрового волнения, течений, изменений уровня моря, химического (солевого) состава вод и ледовых условий моря.

4.3 Устьевая область реки состоит из двух частей: устьевого участка реки, включающего дельту (если она имеется), где преобладает речной гидрологический режим и устьевого взморья, где преобладает морской гидрологический режим.

Устьевой участок реки может быть однорукавным (бездельтовым) и мало- или многорукавным (дельтовым).

Устьевое взморье может быть открытым или полузамкнутым (узкий морской залив, губа, эстуарий, лиман, лагуна), приглубым или отмелым.

Гидрологический режим и географические особенности этих районов тесно связаны с режимом и особенностями примыкающего сверху приустьевого участка реки, а снизу — предустьевого пространства моря.

4.4 Границы морской устьевой области или устьевой области реки простираются от речной (верхней) границы до морской (нижней) границы.

Верхняя граница устьевой области (ВГУО) определяется по максимальной дальности распространения в реку колебаний уровня воды морского происхождения (приливов, нагонов) при меженном речном стоке, либо по месту, где начинается разветвление русла реки на дельтовые рукава, если колебания уровня моря затухают в дельте.

Морская граница устьевой области (МГУО) – или внешняя граница устьевого взморья выделяется по предельной дальности распространения в море внешней (мористой) части зоны смешения речных и морских вод - условно по положению изогалины, равной приблизительно 90% солености воды сопредельной части моря при повышенном речном стоке, например, при расходах воды половодья 10% обеспеченности.

4.5 Под гидрографической сетью устьевой области реки и ее дельты понимается совокупность естественных и искусственных, постоянных и временных водных объектов - водотоков и водоемов.

Гидрографическая сеть устьевой области характеризуется следующими основными особенностями: 1) пространственной взаимосвязанностью отдельных водных объектов. Устьевая область

реки представляет собой единую гидрографическую систему, отдельные элементы которой гидравлически и морфологически взаимосвязаны. 2) Большой временной изменчивостью как сети в целом, так и отдельных ее элементов.

4.5 Водные объекты устьевой области. Устьевые области рек богаты водными образованиями, которые обычно делятся на водотоки и водоемы. Рек в дельтах в полном понимании этого термина нет, хотя очень часто на картах водотоки называются реками. Среди водотоков выделяются рукава, протоки, ерики, выходные устья (банки, гирла и др.).

4.5.1 Рукавами называют крупные водотоки, отделяющиеся непосредственно от реки. Каждый рукав обычно имеет свою гидрографическую сеть.

4.5.2 Протоками именуют водные артерии, образующиеся в результате дробления рукавов. К протокам относят и небольшие водотоки, отделяющиеся непосредственно от реки или от основного рукава, но не достигающие моря, а впадающие в систему того или иного рукава. Одним из видов протоков является проран, название которого произошло от слова прорыв. Направление течения в этих протоках почти перпендикулярное к общему направлению стока дельты.

4.5.3 Протоки разделяются на более мелкие водотоки — ерики. Часто ериками называют и мелкие водотоки, питающие отдельные водоемы. Большая часть ериков обычно расположена в нижней зоне дельты, где происходят наиболее активные процессы дельтообразования и формируется новая гидрографическая сеть.

4.5.4 Продолжение выходящего на отмелое устьевое взморье рукава или протока в виде русла, выработанного речным потоком,

называется бороздиной, а при выходе рукава, т. е. на морском крае дельты, — выходным устьем, банкой или фарватером. Короткие водотоки в виде небольших проливов, соединяющих лиманы с морем, в некоторых устьевых областях рек называют гирлами.

4.5.5 Водоемы в дельте можно разделить на озера (ильмени, лиманы) и полои. Первые обычно заполнены водой в течение всего года и имеют относительно большие глубины. Вторые заливаются или подтапливаются только в период половодья и затем пересыхают. Озера делятся на внутридельтовые, речные и приморские (култучные, лиманные). Кроме того, в ряде дельт существуют почти постоянно залитые обширные пространства — разливы или водные пространства с обильной влаголюбивой растительностью (плавни). В большинстве случаев разливы обуславливаются катастрофическими явлениями, и продолжительность их существования зависит от величины испарения и фильтрации вод после прекращения поступления вод из водотоков. Плавни обычно ежегодно пополняются водами половодья. Как правило, в половодье большая часть дельты заливаются водами и представляет собой единый водоем.

Озера в устьевых областях рек имеют различную соленость. Степень солености внутридельтовых водоемов зависит от вида питания, содержания солей в грунтовых водах и дельтовых отложениях, а также от количества солей, попадающих в котловину вследствие ветрового переноса и смываемых в озеро. Степень солености приморских водоемов зависит в основном от водо- и солеобмена их с морем.

4.6 Устьевые области рек по гидролого-морфологическим признакам делятся на две группы: 1) с приливами (устьевые области побережья океанов и морей) и 2) без приливов (устьевые области внутренних морей). Каждая из групп может иметь открытое отмелое,

открытое приглубое или относительно узкое взморье (залив, эстуарий, лиман) и однорукавный или многорукавный участок реки (табл. 1).

Таблица 1. Типизация устьевых областей по гидрологическим и морфологическим признакам

Основная гидрологическая характеристика области	Устья рек побережья океанов и окраинных морей (приливные)						Устья рек внутренних морей (безприливные)					
	Приглубое		Отмелое		Эстуарий или относительно узкий залив		Приглубое		Отмелое		Лиман или относительно узкий залив	
Характеристика устьевого взморья	Открытое		Открытое				Открытое		Открытое			
Характеристика устьевого участка реки	Однорука вный	Многорук авный	Однорука вный	Многорук авный	Однорука вный	Многорук авный	Однорука вный	Многорук авный	Однорука вный	Многорук авный	Однорука вный	Многорук авный
Примеры	Камчатка		Устья малых рек	Лена, Яна, Индигирка, Колыма	Мезень, Кулой	Енисей, Печора, Обь, Сев.Двина	Зап.Двина, Устья малых рек	Кубань	Устья малых рек	Волга, Терек	Устья малых рек	Нева, Дон

5 Устьевая наблюдательная сеть

5.1 Цель гидрологических работ в устьях рек - постоянное слежение за гидрологическими процессами в устьевых областях рек для обслуживания оперативной и режимной информацией заинтересованных организаций. Для достижения поставленной цели в системе Росгидромета действует сеть устьевых станций.

5.2 Устьевые станции организуют комплексное изучение режима устьевой области как единого целого.

В задачи устьевых станций входит:

а. Постановка и выполнение тематических исследований, направленных на изучение процессов, происходящих в устьевых областях рек, и получение гидрометеорологических характеристик для решения прикладных задач. При организации работы на новых объектах станция проводит целенаправленные исследования, в результате которых выявляются основные закономерности гидрологического режима.

Исследуются по возможности одновременно все или большинство гидрометеозлементов на устьевом участке реки и на устьевом взморье. Используются также данные смежных с гидрологией дисциплин (климатологии, геологии, геоморфологии, гидрогеологии и др.).

б. Проведение тематических и стандартных наблюдений в устьевой области реки, предусматриваемых основными и дополнительными программами для станций и постов разных типов и разрядов. Целью их является накопление длинных рядов наблюдений, используемых как для оперативного обслуживания, так и для получения режимных характеристик. Полученные материалы

обобщаются в виде ежегодных научно-технических отчетов, ежегодников, многолетних сборников и др. Наблюдения проводятся по методике, изложенной в основном в наставлениях и методических указаниях Гидрометеослужбы. Устьевой станции могут быть поручены тематические и стандартные наблюдения в смежных устьевых областях. На станции проводятся также работы по совершенствованию методов наблюдения в устьях.

в. Оперативное обеспечение потребителей текущей информацией - предупреждениями об опасных гидрометеорологических явлениях, гидрологических прогнозами и справками о гидрологическом режиме устьевых областей рек.

5.3 Классификация устьевых станций и постов

Устьевые станции (УС) входят в морскую береговую гидрометеорологическую сеть прибрежной зоны окраинных и внутренних морей. УС является специализированной станцией, имеет инженерный состав и плавсредства необходимые для решения поставленных задач.

Программа работ УС разрабатывается по согласованию с Государственным океанографическим институтом имени Н.Н.Зубова (ГОИН) и региональными морскими НИУ Росгидромета и утверждается в установленном порядке. Программа работ должна включать стандартные работы, а также дополнительные и специальные наблюдения. УС имеют опорную сеть морских гидрометеорологических (МГП) и гидрологических (ГП) постов I, II и III разрядов и группу, проводящую экспедиционные наблюдения на рейдовых станциях и наблюдения на гидростворах и океанографических разрезах.

Функции устьевых станций могут выполнять морские и гидрологические отделы центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС).

5.4 В административном отношении устьевая станция подчиняется ЦГМС, в научно-методическом — соответствующему научно-исследовательскому институту Росгидромета. Общее научно-методическое руководство осуществляет Государственный океанографический институт имени Н.Н.Зубова.

Научно-исследовательские институты и обсерватории для научно-технического руководства устьевыми станциями выделяют кураторов. Для руководства научно-исследовательскими работами НИУ Росгидромета (в соответствии с профилем работы) назначают по обращению ЦГМС научных руководителей.

5.5 Устьевая станция и прикрепленные к ней посты выполняют:

1) комплекс стандартных стационарных метеорологических наблюдений (за температурой и влажностью воздуха, характеристиками ветра, атмосферным давлением, температурой почвы, видимостью, высотой нижней границы облачности, а также количеством нижней и общей облачности и формами облаков) в соответствии с Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Часть I. Метеорологические наблюдения на станциях. Л.: Гидрометеоиздат, 1985 (далее - Наставление, вып. 3, ч. I);

2) комплекс стандартных стационарных морских гидрометеорологических наблюдений (за уровнем моря, температурой воды, соленостью воды, химическим составом воды, состоянием льда, волнением) в соответствии с Наставлением, вып. 9, ч. I;

3) комплекс стандартных экспедиционных наблюдений (за температурой и соленостью воды, течениями, волнением, цветом и

прозрачностью воды, загрязняющими веществами, толщиной льда, высотой и плотностью снега на льду и характеристиками метеорологических элементов: направлением и скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха, горизонтальной видимостью в сторону моря и суши и атмосферными явлениями) в соответствии с Наставлением, вып. 9, ч. IV;

4) комплекс стандартных (стационарных и экспедиционных) устьевых гидрологических наблюдений (за стоком воды, уровнем воды, стоком наносов, температурой воды, ледовым режимом, химическим составом);

5) комплекс стандартных (стационарных и экспедиционных) гидрологических наблюдений на озерах и водохранилищах при их наличии в дельтах (за уровнем воды, температурой воды, волнением, ледовым режимом, химическим составом воды) в соответствии с Наставлением, вып. 7, ч. I;

6) комплекс дополнительных устьевых наблюдений (за уровнем воды, русловыми деформациями, ледовым режимом);

7) комплекс наблюдений за опасными и стихийными явлениями;

8) комплекс тематических экспедиционных устьевых наблюдений (за распределением стока воды по рукавам дельты, проникновением в них соленых вод, заливанием дельты, динамикой гидрографической сети дельты и др.)

5.6 Большинство стандартных устьевых гидрометеорологических наблюдений опирается на измерение гидрометеорологических величин, характеризующих состояние природной среды в устьевой области реки. Каждое измерение требует использования приборов и оборудования, т.е. технических средств, отвечающих требованиям метрологии.

Технические средства наблюдений составляют средства измерений (СИ), размещаемые на береговых местах наблюдений, в прибрежной зоне, на заякоренных буйах, на специальных платформах и плавсредствах, а также на воздушных судах.

Использование в практике устьевых работ средств измерений гидрологических и метеорологических характеристик должно осуществляться под метрологическим надзором, функции которого возложены на службу средств измерений ЦГМС.

Погрешность средств измерений оценивается при его первичной поверке после изготовления и путем периодических поверок в процессе его эксплуатации. Результаты поверок оформляются в виде свидетельств, аттестатов, паспортов поверочных клейм или иных видов научно-технической документации. Периодичность и методика поверок используемых средств измерений устанавливаются метрологической службой ЦГМС (МС ЦГМС).

Использование серийно изготавливаемых средств измерений для стандартных устьевых гидрометеорологических наблюдений и работ без метрологического обеспечения не допускается. Допускается использование в практике работы устьевых станций иных средств измерений, внесенных в Государственный реестр средств измерений.

6 Методика выполнения работ

6.1 В наблюдениях и исследованиях устьевая станция применяет стандартную и специальную методику. Стандартную методику, изложенную в соответствующих наставлениях, применяют при стандартных наблюдениях. Основные положения методики исследования излагаются в соответствующих главах данного Руководства. В процессе работ устьевых гидрометеостанций методика исследования может меняться.

6.2 Речной режим устьевого участка реки нарушается в первую очередь вследствие влияния приливов и колебаний уровня моря, вызываемых общими анемобарическими факторами и местным ветром. В основном режим уровня, скорости течений, распределение стока воды и наносов, а также проникновение морских вод на устьевой участок реки связаны с приливами и сгонно-нагонными явлениями. Поэтому и методы исследования гидрологического режима устьевого участка реки должны учитывать направление и ход процессов, вызванных этими явлениями.

Процессы, включающие русловые процессы, динамику гидрографической сети и дна устьевого взморья, протекают в устьях значительно быстрее, чем в реках. В связи с этим проводятся исследования специальными гидрографическими (русловыми) партиями или группами.

6.3 Изучение гидрологического режима устьев, особенно в малонаселенной и труднодоступной местности, требует больших затрат средств, сил и времени, поэтому целесообразно применение дистанционных методов исследований, а также внедрение методов моделирования.

Наиболее эффективным применение материалов дистанционного зондирования земли из космоса может быть при промерных работах, а также картировании, изучении деформаций, русел, определении площади и глубины затопления и т. д.

6.4 Устьевое взморье отличается от остальных районов моря значительными и относительно быстрыми изменениями гидрологических характеристик во времени и в пространстве. Обычно на устьевом взморье существуют районы больших горизонтальных и вертикальных градиентов этих характеристик. Кроме того, под действием ветра, приливов, нагонов, стонов и стока реки возникают большие кратковременные изменения гидрологических характеристик. В этих условиях выполнение гидрологических разрезов или съемок одним или двумя судами не дает сравнимой характеристики гидрологических элементов и их изменчивости в пространстве и во времени. Помимо съемок и разрезов необходимо организовывать стационарные точки наблюдений оснащенные автоматизированными наблюдательными комплексами (плавмаяки, посты на свайном основании, буйковые станции, автономные самописцев).

6.5 Для изучения кратковременных явлений, происходящих на устьевом взморье во времени и пространстве, необходимо сочетать разовые и многосерийные наблюдения. По полученным данным в дальнейшем строят графики краткосрочных изменений элементов гидрологического режима на многосуточных станциях и вносят соответствующие коррективы в данные разрезов.

В районах больших горизонтальных и вертикальных градиентов гидрологических элементов вместо станций можно выполнять короткие (3—5 миль) разрезы, продолжительность которых должна быть не более двух часов. Это дает возможность исследовать

изменчивость гидрологических элементов одновременно и во времени и в пространстве.

На приливном взморье, где гидрологические характеристики имеют четко выраженный полусуточный или суточный ход, съемки не дают хороших результатов, поэтому исследование необходимо проводить путем выполнения многосерийных станций в характерных районах взморья с учетом различных фаз стока, ветровых условий и полумесячных приливных циклов (сизигии, квадратуры и промежутка).

Все гидрологические, гидрохимические и метеорологические исследования в пунктах многосуточных станций должны быть по возможности комплексными.

6.6 Большинство пунктов многосерийных наблюдений остаются опорными в течение нескольких лет, другие же могут быть перенесены с одного места на другое. Многосерийные опорные станции выполняются ежегодно по несколько раз в навигацию или ежемесячно (в зависимости от возможностей устьевой станции и с учетом сезонного хода гидрометеорологических элементов). Однако время наблюдений должно приурочиваться к погодным условиям, при которых наблюдения проводились меньше всего.

6.7 Для исследований гидрологического режима зимой на устьевом взморье следует организовать зимние многосуточные станции со льда. Продолжительность работы такой станции определяется задачами исследования и возможностями.

Многосуточные станции дают также возможность получить максимальные величины течения, волнения, мутности и др., что важно для современных потребителей.

Организация зимних многосуточных станций позволяет исследовать водообмен, теплообмен и солеобмен подо льдом между

различными частями взморья, а также исследовать влияние стоковых течений на режим взморья.

6.8 Таким образом, применение новой техники и новых методов исследований устьевых областей рек дает возможность комплексного изучения гидрологического режима. В результате такого изучения можно получить данные об изменении гидрологических элементов в пространстве по глубине и во времени почти при любом состоянии погоды, а также сведения для установления зависимостей между гидрометеоэлементами и для разработки методов расчета и прогноза.

Расположение пунктов наблюдений на устьевом взморье следует планировать в соответствии с общим движением водных масс и с типичными и характерными для рассматриваемого взморья особенностями комплекса гидрологических явлений.

6.9 Одним из результатов работы Устьевой станции является составление общей характеристики устьевой области.

7 Исследования климата

7.1 Устьевая гидрометеостанция изучает общие климатические и микроклиматические условия устьевой области, а также исследует взаимосвязи, существующие между метеорологическими и гидрологическими элементами режима, и проводит метеорологические наблюдения (согласно Наставлениям) для целей информации о состоянии погоды и прогнозирования.

Общая климатическая характеристика устьевой области дается в соответствии с ее географическим положением, а микроклиматическая — в соответствии с наличием в данном устье различных микроландшафтных зон. Для этих исследований используются данные метеорологических станций, расположенных на территории устьевой области и по соседству с ней. Кроме того, организуются специальные стационарные и экспедиционные исследования микроклимата с целью получения микроклиматического районирования устья, выявления воздействия местных климатических особенностей на гидрологический режим и для выбора (при необходимости) места специальной метеостанции данной зоны.

7.2 Исследование общих климатических условий

Общее климатическое описание устьевой области реки должно, содержать следующие разделы:

- 1) ветер и атмосферное давление,
- 2) температура воздуха,
- 3) атмосферные осадки,
- 4) влажность воздуха,
- 5) туманы,

- 6) температура почвы,
- 7) облачность и продолжительность солнечного сияния,
- 8) радиационный и тепловой баланс,
- 9) испарение и транспирация растениями.

Ветер и атмосферное давление.

При описании ветровых условий необходимо уделить особое внимание тем характеристикам, которые определяют гидрологический режим устья.

В этом разделе следует также охарактеризовать общие условия атмосферной циркуляции над данным районом, выделив преобладающие воздушные массы, например, континентальный или морской воздух умеренных широт, тропические воздушные массы и др. При этом важно указать их повторяемость в различное время года, продолжительность, направление вторжений и условия погоды, связанные с такими вторжениями (резкие похолодания, метели, засухи и др.). Следует отметить также сезонную смену ветров и указать, какие именно воздушные потоки обуславливают наибольшие изменения температуры и выпадение осадков в данной области.

Для характеристики общих условий атмосферной циркуляции следует указать распределение барических полей над территорией, их годовую изменчивость, привести данные о годовом ходе среднего давления воздуха.

Количественные характеристики ветрового режима:

- 1) повторяемость направлений ветра и штилей (средняя месячная и в различные часы суток),

2) повторяемость ветра различной скорости по градациям (0— 1, 2—3, 4—5, . . . , 21—24, 25—28, ..., выше 40 л/се/с),

3) повторяемость ветра различной скорости по направлениям.

Необходимо выделить те направления ветра, которые оказывают наибольшее влияние на гидрологические процессы, например основные направления ветра, при которых происходят стоны и нагоны, развивается волнение и др.; привести данные повторяемости этих ветров, их скорости. Следует также охарактеризовать штормовые ветры (≥ 15 м/сек), их максимальные скорости, преобладающее направление и влияние на гидрологический режим.

Розы ветров строятся по данным многолетних наблюдений в различных районах устьевой области.

Температура воздуха.

При описании температурного режима устьевой области необходимо уделить внимание тем температурным данным, которые характеризуют не только общие климатические, но и гидрологические условия данного района. К ним относятся: средняя месячная и годовая температура воздуха, время наступления максимума и минимума и суточные амплитуды (эти характеристики особенно важны для районов с резко континентальным климатом), межсуточная и межгодовая изменчивость (последние показывают изменения условий погоды от года к году в исследуемом районе), средние и абсолютные минимальные и максимальные температуры воздуха.

Приводятся данные о накоплении сумм тепла и холода по суммам среднесуточных температур через градации кратные 5° (ниже -15 , -10 , -5 и 0° , и выше 0 , 5 , 10 , 15°) и даты перехода среднесуточных температур через 5° (весной и осенью) и число дней с

температурой, превышающей эти пределы. Здесь же необходимо привести даты перехода средних суточных температур через 0, 5, 10, 15° и суммы температур выше 0, 5, 10, 15° различной вероятности.

Специальной задачей является сопоставление годового и суточного хода температуры воздуха с ходом температуры воды в реке и на взморье для различных сезонов года.

Для характеристики и прогнозов ледового режима указываются даты первого и последнего заморозка, продолжительность безморозного периода (в днях), а также продолжительность периода с устойчивыми морозами (для районов с суровыми зимами). Следует также указать даты первого и последнего заморозков различной вероятности (%).

Для южных районов приводятся данные о числе дней с морозами, в тех же районах, где часто наблюдаются оттепели, необходимо указать число дней с оттепелью.

Атмосферные осадки.

Анализируя режим осадков, необходимо указать среднюю годовую и месячные суммы осадков, отметить степень увлажнения данного района в различное время года. Для характеристики засушливости и достаточности увлажнения следует рассмотреть соотношение осадков и испарения, указать особенности распределения осадков по сезонам года и основные типы осадков (ливневые, обложные, морозящие, твердые и жидкие).

При описании режима осадков необходимо учитывать их роль в формировании климатических и гидрологических условий устьевой области и анализировать причины, обуславливающие неравномерное распределение осадков по территории, особенно в условиях пересеченной местности, где количество осадков зависит не только от

общих для всей устьевой области синоптических причин, но и от местных особенностей рельефа, распределения ветровых потоков, прогрева почвы, ее увлажнения и испарения с ее поверхности.

Указываются максимальные и минимальные суммы осадков в отдельные годы и месяцы, наибольшее суточное количество осадков по месяцам и за год (в мм), наибольшую величину из средних суточных значений интенсивности осадков, максимальную интенсивность осадков за весь период наблюдений, повторяемость бездождных периодов различной продолжительности: 11 —15, 16—20 дней и т. д.

Важной характеристикой является среднее число дней в месяце с осадками различной величины ($>0,1$; $0,5$; $>1,0$; $2,0$; $5,0$; $10,0$ мм и т. д.), повторяемость дождливых периодов различной продолжительности и месячное и годовое количество осадков различной вероятности.

Приводятся данные о повторяемости твердых, жидких и смешанных осадков, их количестве в процентах общего количества осадков.

В разделе о снежном покрове в устьевой области необходимо указать среднюю декадную высоту снежного покрова (в см), средние даты появления и исчезновения снежного покрова, даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова (среднюю, самую раннюю, самую позднюю), а также привести среднюю и абсолютную максимальную высоту снежного покрова.

Влажность воздуха.

В разделе приводятся среднемесячные и годовые величины абсолютной влажности, относительной влажности и недостатка насыщения, характеристики суточного хода (данные по срокам).

Для характеристики сухости и увлажнения воздуха в различное время года необходимо указать по месяцам повторяемость (число дней) относительной влажности воздуха $< 30\%$ (в любой из сроков наблюдений) и больше 80% (в 13 часов).

Необходимо также привести данные об абсолютном минимуме относительной влажности в весенне-летний период.

При исследовании распределения влажности воздуха в устьевой области важно отметить, наблюдается ли убывание влажности воздуха по мере удаления от моря и центральных районов дельты.

Туманы.

При описании туманов в устьевой области следует указать не только их повторяемость, интенсивность и устойчивость, но и выяснить их происхождение, так как эти данные необходимы для успешного прогнозирования и оценки вероятности образования туманов в различное время года.

Для выявления периода с наибольшей повторяемостью туманов надо указываются среднее, наибольшее и наименьшее число дней с туманом в каждом из месяцев и в году, а также среднюю продолжительность туманов в часах и повторяемость туманов различной продолжительности (<3 , $3—6$, $6—12$, $12—18$ часов и т. д.).

Для характеристики суточного хода туманов необходимо привести данные об их повторяемости и интенсивности (сильный, слабый) по срокам наблюдений.

Температура почвы.

При исследовании температуры почвы необходимо прежде всего отметить особенности почвы в данном районе (естественный покров почвы, ее цвет, шероховатость, структура, увлажнение и др.).

Надо указать также ориентировку и крутизну склона, наличие растительного покрова летом и снежного покрова зимой, так как все эти факторы сильно влияют на режим температуры почвы.

Следует привести среднюю месячную и годовую температуру поверхности почвы и на различных глубинах, максимальную и минимальную температуру почвы на поверхности (по максимальному и минимальному термометрам) и на глубинах (по срочным наблюдениям), амплитуду колебаний, характеристики суточного хода температуры почвы.

Особое значение имеют даты первого и последнего заморозка на поверхности почвы и продолжительность безморозного периода, а также даты наступления первой и последней отрицательной температуры почвы на различных глубинах и глубину проникновения температуры 0° в почву (см).

Для районов вечной мерзлоты необходимо привести данные о сроках оттаивания почвы на различных глубинах.

Данные о температуре почвы на различных глубинах нужны также для изучения радиационного и теплового баланса в районе дельты.

Облачность и продолжительность солнечного сияния.

Для характеристики облачного покрова в районе устьевой области прежде всего приводятся средние месячные и годовые оценки количества облаков (общей и нижней облачности в баллах), а также процентную повторяемость ясного (0—2 балла), полужасного (3—7 баллов) и пасмурного неба (8—10 баллов) по общей и нижней облачности.

Для характеристики суточного хода облачности нужны такие данные по каждому сроку наблюдений в отдельности, а также данные

о числе ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности в каждом месяце, и, наконец, данные о повторяемости основных форм облаков в различное время года по месяцам.

В устьевых областях с ярко выраженным изменением микроклимата от устьевого взморья к речной границе устьевой области необходимо проследить наблюдающиеся изменения в облачном покрове (общего количества и формы облаков) на этих участках.

С облачным покровом тесно связаны также данные о продолжительности солнечного сияния. Они особенно важны для расчетов радиационного и теплового баланса дельты.

В этом разделе необходимо привести данные о средней продолжительности солнечного сияния (в часах) по месяцам и в среднем за сутки, данные о числе дней без солнца по месяцам и за год и числе дней с непрерывной инсоляцией для выделения времени года, когда преобладает та и другая погода. При наличии многолетних наблюдений можно также привести повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния (в часах) по градациям 0—2, 3—5, 6—8, 9—11 и т. д.

Кроме абсолютной продолжительности солнечного сияния в часах, необходимы ежемесячные и годовые данные об относительной продолжительности инсоляции в процентах от наибольшей возможной. Эта последняя характеристика вычисляется как отношение числа часов солнечного сияния к числу светлых часов в сутки (от восхода до захода солнца).

При составлении общего климатического описания дельты для получения всех указанных здесь климатических характеристик следует руководствоваться программой и методическими указаниями

ГГО по составлению климатических справочников и климатических описаний.

7.3 Исследование микроклимата

В устьевых областях рек, имеющих значительную площадь, создается местный режим тепла, влажности, испарения и ветра, отличающийся от режима климатической области, в которой расположено устье реки.

Выяснение микроклиматических особенностей дельты и их характеристика имеют существенное практическое значение для сельского хозяйства, рыбозаводства, навигации и авиации.

В состав микроклиматических исследований в устьях рек должны входить исследования:

- 1) распределения скоростей и направлений приземных воздушных потоков и воздушных потоков в верхних слоях атмосферы,
- 2) развития облаков и распределения облачного покрова,
- 3) распределения атмосферных осадков,
- 4) вертикального и горизонтального распределения температуры и влажности воздуха,
- 5) температуры воды в различных водотоках и водоемах устьевой области, температуры почвы на берегах и островах дельты и взморья,
- 6) распределения испарения и транспирации растений, 7) агрометеорологические исследования.

Микроклиматическая характеристика устьевой области должна содержать достаточно подробное описание различных элементов микроклимата.

1. Особенности ветрового режима:

а) распределение средних скоростей ветра по устьевой области в различное время года (желательно в изолиниях),

б) изменение скоростей и направлений воздушных потоков под влиянием берегов и от морского края к вершине дельты,

в) бризовые ветры, зависимость степени их развития от сезона, основные их направления в различных районах, вертикальное и горизонтальное распространение бризовой циркуляции.

2. Микроклиматические особенности в распределении облачности, туманов и атмосферных осадков:

а) повторяемость различных форм облаков по сезонам в отдельных районах устья (над дельтой и ее берегами, над устьевым взморьем и предустьевым пространством моря),

б) повторяемость случаев размывания и испарения облачного покрова, а также развития и распространения облаков над устьем,

в) густота, устойчивость и происхождение местных туманов в районе устья в различное время года над водой и над берегами, распределение атмосферных осадков, выпадающих в различных районах устьевой области по сезонам, причины, вызывающие неравномерность в выпадении осадков.

3. Микроклиматические изменения температуры воздуха:

а) изменение температуры воздуха в различное время года по направлению от вершины устьевого участка реки к морскому краю и над взморьем,

б) сезонные различия в температуре воздуха над устьем и па его коренных берегах,

в) сравнение суточного и годового хода температуры воздуха в устье и в окружающих районах, сравнение максимальных и минимальных температур воздуха над водной поверхностью моря и устья, а также над сушей,

г) типы вертикального распределения температуры в прилегающих к земной поверхности слоях воздуха (над водой и над берегами) в различное время года,

д) характеристика влияния растительности в дельте на температуру воздуха.

4. Микроклиматические особенности распределения влажности воздуха:

а) изменение влажности воздуха в различное время года по направлению от вершины устья к морю,

б) сезонные различия во влажности воздуха над водами и над берегами устья,

в) особенности суточного хода относительной и абсолютной влажности воздуха в отдельных частях устья по сравнению с окружающей местностью, сравнение максимумов и минимумов относительной влажности над водами устья и над берегами,

г) изменение абсолютной влажности воздуха с высотой над водами и над берегами устья.

5. Микроклиматические особенности распределения температуры воды и температуры почвы:

а) распределение температуры в водах устья и на взморье в различное время года (желательны изотермы месячных температур воды),

б) сравнение температуры воды с температурой поверхности почвы на берегах (по сезонам),

в) суточный ход температуры воды и температуры поверхности почвы в различное время года в отдельных районах устья,

г) сравнение годового хода температуры воды у берега и по живому сечению.

6. Характеристика величины испарения:

а) характеристика дефицита влажности при температуре водной поверхности и при температуре поверхности почвы в различное время года,

б) характеристика величины испарения по данным о дефиците влажности и скорости ветра,

в) характеристика испарения по данным испарительных бассейнов.

7. Агрометеорологическая характеристика, главным образом в южных дельтах, составляется совместно со специалистами, ведущими почвенно-геоботанические исследования, она направлена на удовлетворение запросов местного сельского хозяйства.

8 Сток воды и его распределение по рукавам

8.1 Общие положения

Речной сток - наиболее важный и постоянно действующий фактор, оказывающий влияние на многие устьевые процессы. Поступающий сток определяет направление основного сосредоточенного стока, вызывающего наиболее активные процессы трансформации устьевой области. Перераспределение стока изменяет режим уровня и условия заливания от которых зависят условия хозяйственной деятельности в пределах устьевой области.

От морфологии и рельефа устьевой области зависит регулирующее действие поймы, развитие озер, болот, ильменей и плавней. Геологическое строение устьевой области определяет величину потерь на фильтрацию и подземный сток, а также интенсивность эрозионной деятельности потока.

Приливы и отливы, нагоны и сгоны создают неодинаковый подпор водам рукавов и оказывают неодинаковое гидродинамическое воздействие на эти воды, особенно в период межени, что отражается на процессах перераспределения стока. Различие в условиях замерзания водотоков и устьевого взморья определяют неоднородность условий протекания вод в разных рукавах, что также влияет на перераспределение стока. Полное или частичное изменение естественного режима стока в устьевой области реки (при этом в относительно короткое время) обычно вызывается созданием различных гидротехнических сооружений и водохозяйственными мероприятиями (строительством плотин, водохранилищ, дамб, водопусков и вододелителей и др.). В устьевых областях большую роль играют дноуглубительные и выправительные работы на барах, а

также каналы и прорези, привлекающие часть стока из смежных рукавов.

8.2 Исследование режима неприливных устьев

Распределение расходов по водотокам желательно исследовать одновременно с другими элементами гидрологического режима (особенно твердого стока и русловых процессов). Следует изучать:

- 1) режим стока на верхней границе устьевой области, зависимость его от стока на приустьевом участке реки;
- 2) распределения стока по главным рукавам;
- 3) распределение стока в системе главного рукава: общее распределение по водотокам системы, распределение по длине главного рукава, основное современное направление стока рукава—отток стока в правые и левые ответвления из главного рукава;
- 4) распределение стока на морском крае и по фарватерам взморья;
- 5) водообмен между водотоками или морем с водоемами устьевой области (озерами, ильменями, лиманами, лагунами, поляями и др.);
- 6) исследование распределения стока в отдельных узлах разветвления и на речном баре.

8.2.1 Режим стока на верхней границе устьевой области.

Для входного створа должна быть получена как можно более полная характеристика режима стока:

- а) среднегодовой величины стока за расчетный ряд и ее изменчивости (обеспеченности и повторяемости);

- б) максимального и минимального стока;
- в) сезонных колебаний стока;
- г) потерь или увеличения стока (если они имеются) на участке от замыкающего речного гидроствора до рассматриваемого входного створа в дельту, если эти гидростворы не совпадают.

При наличии или проектировании гидротехнических сооружений рассматривают влияние последних на распределение стока и рассчитывают будущий сток определенной обеспеченности, используя данные проектных организаций и кривые $Q=F(H)$.

При наличии длинного ряда наблюдений подсчет многолетней величины стока не вызывает затруднений. Однако часто для входного створа дельты такой ряд наблюдений отсутствует. В этом случае приходится связывать величины стока в этом створе с данными других гидростворов, расположенных выше.

При анализе межгодовой изменчивости стока следует рассматривать не только полный расчетный ряд, но, по возможности, и отдельно различные периоды — маловодные, многоводные.

Наиболее важным гидрологическими характеристиками являются величины максимального и минимального стока, поступающего в устьевую область. От максимальных величин стока зависит заливаемость, ее изменения и связанные с этим русловые процессы и переформирование гидрографической сети. Для исследования заливания важно сравнить продолжительность стояния максимальных расходов в днях с продолжительностью времени добегания пика половодья от верхней границы устьевой области до морского края. Для различных проектных организаций, связанных с мелиорацией дельт, часто требуются подсчеты обеспеченности и

продолжительности максимальных среднесуточных и среднедекадных расходов.

Для целей судоходства, водоснабжения и забора воды различными промышленными объектами (ТЭЦ, заводами и др.) необходимо давать характеристики минимальных среднесуточных и среднедекадных расходов воды, их обеспеченность и повторяемость.

При анализе сезонных колебаний стока, кроме общей характеристики за весь год, дают характеристику стока за период ледостава и по отдельным фазам (весеннюю межень, половодье, летне-осеннюю межень и др.). Особое внимание следует обращать на колебания расходов в осенний предледоставный и весенний послеледоставный периоды в реках, замерзание которых начинается с верховья, а вскрытие с низовья. При установлении ледостава на вышележащих участках увеличивается сопротивление потоку, создается подпор и накапливаются воды в русле, вследствие этого расходы ее на нижележащих участках резко уменьшаются.

Если замыкающий створ в реке не совпадает с входным на устьевом участке, следует проанализировать потери вод, а также причины задержания стока на этом участке.

Анализировать материалы естественного и зарегулированного режимов следует отдельно. Сравнивая оба режима, необходимо отмечать существенные отличия в их влиянии на природу и хозяйство дельты. При проектировании гидротехнических и других сооружений выше устьевой области следует рассмотреть возможные изменения в режиме стока.

8.2.2 Распределение стока по главным рукавам.

Обычно устьевую область можно разбить на отдельные части, включающие соответствующие системы водотоков главных рукавов.

Исследование распределения стока по главным рукавам следует начинать с распределения расходов по руслам этих рукавов.

Распределение расходов по главным рукавам зависит не только от стока, приходящего сверху, но и от возможной их пропускной способности на всем протяжении. Ряд лет и даже десятилетий распределение расходов воды рукавов может оставаться почти неизменным, таким образом, влияние всех факторов, кроме влияния величины поступающего стока сверху, также остается постоянным. Изменения происходят только по амплитуде уровня или расхода. Зная эти изменения, можно высказывать суждения о живучести того или иного рукава. Достаточно резкое увеличение доли расхода рукава в межень и уменьшение доли расхода в половодье указывает на большую активность этого рукава. Обычно увеличение доли расхода в межень присуще рукаву с более свободным выходом в море.

Небольшая доля расхода мутных вод весной и большая доля расхода чистых вод в межень благоприятны для жизни рукава. Повышенные скорости течения в межень приводят к смыву наносов мелких фракций. Наличие крупных наносов или трудно-размываемых грунтов в рукаве указывает на его большую активность и равномерность скоростного режима.

При наличии данных следует рассчитывать среднемесячные, сезонные и многолетние величины стока. Целесообразно и весьма важно при этом рассматривать распределение расходов за отдельные периоды, например по пятилетиям или десятилетиям. В большинстве случаев данные о расходах оказываются за разные периоды неодинаковыми. В таких случаях дается приближенная характеристика распределения расходов по водотокам.

При увеличении годовой доли стока какого-нибудь рукава кривая $Q=f(H)$ в межень сдвигается влево, а в половодье— вправо. Это имеет важное значение для судоходства и при расчетах заливаемости устьевой области.

8.2.3 Распределение стока в системе главного рукава.

Исследование распределения стока в системе главного рукава аналогично исследованию распределения стока по главным рукавам. Предварительно составляют таблицы и строят графики распределения, а также составляют схемы распределения расходов по водотокам для различных отметок уровня или различных величин расходов воды определенной обеспеченности в истоке рукава.

Для установления возможных будущих основных направлений стока следует проанализировать распределение расходов по длине главных рукавов и стока в правобережную и левобережную части.

В некоторых устьях значительное влияние на перераспределение стока оказывают сгонно-нагонные явления. Однако это перераспределение происходит только в период действия этих явлений.

Графики распределения относительных (в процентах от расхода в вершине устьевой области или в истоке рукава) расходов воды по водотокам дают возможность рассчитать будущее перераспределение расходов в случае зарегулирования стока. Для этого необходимо иметь данные проектных организаций о планируемых попусках воды в нижний бьеф ГЭС.

8.2.4 Распределение стока воды на морском крае и по фарватерам взморья.

В результате исследования режима устьевого взморья важно получить расчет распределения стока на морском крае.

Сосредоточенность стока на отдельных направлениях определяет условия движения и смешения вод на устьевом взморье, а также вызывает неравномерность распределения продольных и поперечных уклонов водной поверхности на взморье, особенно вблизи морского края. Поэтому водотоки устьевой области обычно группируют по районам и рассчитывают величину суммарного стока, поступающего в отдельные районы. При небольшом количестве водотоков это районирование можно и не производить. Желательно получить кривые распределения стока по амплитуде уровня (расхода) на основных каналах и бороздинах с учетом влияния взморья и зарастаемости.

Измеренные расходы воды в бороздинах и каналах дают возможность знать суммарный расход на устьевом взморье. Разность между этим суммарным расходом и суммарным расходом воды рукавов дает величину потерь расхода на плоскостной сток по отмелому взморью. Для подсчета стока вод из каналов и бороздин на участке от морского края дельты до приглубого взморья гидростворы располагаются через определенные расстояния.

Для учета влияния ледяного покрова на расходы требуется исследование их распределения зимой. Исходные кривые $Q=f(H)$ за период ледостава сопоставляются с аналогичными кривыми за период открытого русла, построенными по методике, описанной выше. Для водотоков с частыми зажорными явлениями такой методикой пользоваться нельзя.

8.2.5 Водообмен между водотоками дельты или морем с водоемами дельты.

Под водоемами дельты подразумеваются озера, ильмени, лиманы, лагуны, поймы, постоянные разливы, плавни и т. д.

Исследование водообмена между водоемами дельты и водотоками включает расчет потерь пресных вод на заполнение водоемов в периоды подъема половодья и сброса вод на спаде, расчет заливаемости дельты и затопления различных частей ее территории, а также установление опресняющего влияния этих вод на водоемы и влияния оттока вод из водоемов на режим водотоков и регулирование их водности. Исследования проводятся на основании рассчитанных или измеренных расходов воды в водотоках (протоках, ериках, узяках, каналах, канавах и др.), связывающих водоемы с рукавами.

При исследовании многолетнего водообмена приходится учитывать изменение пропускной способности водотоков.

На перераспределение стока оказывают влияние сгонно-нагонные явления, значительно развитые в мелководных, но больших по площади водоемах. Водообмен может происходить в течение всего года или только в период половодья. В межень ряд водоемов отшнуровывается, и водообмен осуществляется только при достаточно высоких уровнях воды вследствие нагонов.

Чем длиннее ерики, соединяющие водоем с рукавом, и чем меньше уклон дна и водной поверхности, тем больше наносов откладывается в ерике и быстрее уменьшается его пропускная способность.

Водообмен между морем и водоемами дельты через короткие проливы или протоки (гирла, прорвы, перебоины, тропы, прораны, ерики, банки и др.) осуществляется в основном вследствие сгонно-нагонных явлений или приливов.

Для расчета величины водообмена с морем измеряются расходы воды при прямом (из дельты в море) и обратном (из моря в дельту) течениях, причем эти измерения могут быть

кратковременными (разовыми) и многосерийными, охватывающими цикл явления. Почти во всех случаях желательно параллельно с измерениями расходов воды определять уклоны водной поверхности в проливе. Для этого на его концах устанавливают посты, отметки нулей которых должны быть увязаны. Это дает возможность получить расчетные графики для подсчета расходов за период отсутствия наблюдений.

8.2.6 Исследование распределения стока в отдельных узлах разветвления и на речном баре.

Исследование основных закономерностей распределения стока в отдельных основных узлах разветвления имеет большое значение для выяснения современного и будущего возможного направления основного стока, а следовательно, и для выяснения возможного перераспределения стока по водотокам. Режим стока в узлах разветвления показывает пропускную способность отдельных ответвлений и рукавов. Исследование должно быть комплексным и включать достаточно широкую постановку работ по изучению пространственного распределения уклонов водной поверхности в узле разветвления, скоростного поля, твердого стока, деформации русла, а также изменений различных морфометрических характеристик и гидравлических величин (в первую очередь глубины, ширины, коэффициента Шези и шероховатости русла и поймы). Следует получить зависимости изменения этих величин во времени при изменении отметок уровня или величины расхода воды до разветвления водотока.

Аналогичные работы ставятся на речных барах отдельных водотоков с целью изучения процессов дельтообразования и закономерностей формирования гидрографической сети на морском крае дельты и заносимости основных выходов вод дельты в море.

8.3 Исследования приливных устьевых областей

Режим устья приливной реки в межень в основном определяется приливами и отливами. Они влияют на колебание уровня и на периодически переменные по величине и направлению течения. Величина этих колебаний при прочих равных условиях зависит от условий проникновения приливной волны в реку.

В каждую фазу прилива режим уровня в устье оказывается различным. В зависимости от местных особенностей могут наблюдаться на минимума и два максимума скорости течения. В распределении приливных вод в русле играет роль морфометрия русла, форма поперечного сечения и соотношение глубин у берегов и на стрежне, а также извилистость и шероховатость русла, увеличивающие силу трения. Наблюдаются случаи струйного передвижения приливных вод в русле и миграция этой струи от берега к берегу, т. е. в русле течение приливных вод оказывается в этом случае поперечным или косым. Эти струйные потоки в зависимости от рельефа дна и наличия препятствий в русле могут выходить на поверхность и в конечном счете перемешиваться с речными водами.

В приливных устьях рек морские соленые воды заходят с устьевого взморья или эстуария в русло реки или рукава дельты и подпирают в той или иной степени речные воды. Обычно это вхождение происходит в виде клина по дну русла. Формируется двухслойное течение с противоположным направлением. В зависимости от энергии или живой силы встречных потоков миграция клина соленых вод может быть различной. При одной и той же энергии реки, т. е. при одном расходе реки и постоянном уклоне дна, но при большей величине приливного уровня конец клина соленых вод может далеко заходить в реку, а ее водное сечение в устье может

полностью заполняться солеными водами. При больших расходах воды клин соленых вод может оказаться далеко на устьевом взморье.

Зимой при наличии ледяного покрова дальность распространения приливной волны вверх по реке обычно уменьшается вследствие шероховатости льда и уменьшения вертикального поднятия уровня ледяным покровом.

Наличие клина соленой морской воды в приливном устье оказывает влияние на распределение скорости по вертикали по сравнению с нормальным речным потоком. Клин стесняет площадь живого сечения потока, поэтому скорость в часы отлива в поверхностном слое еще больше увеличивается.

В продолжение приливо-отливного цикла течение меняется с приливного на отливное. Это изменение происходит несколько позднее времени наступления полных и низких вод. В прилив ход скорости течения может искажаться вследствие влияния местных условий (например, маниха в устье Сев. Двины) *.

В отличие от моря в устье перемена направления течения происходит не одновременно по всей глубине, а постепенно от дна к поверхности и от берегов к стержню. Вследствие этого в моменты, близкие к перемене направления течения, в одном и том же сечении появляются противоположные течения. Цикл изменения скорости в более глубоких точках вертикали как бы запаздывает по сравнению с аналогичным циклом в точках, расположенных выше.

Вблизи максимума прилива скорость у поверхности оказывается почти постоянной, а у дна переменной, хотя она и ограничивается узким пределом времени, пространства и величины.

Однорукавное приливное устье характеризуется большой амплитудой прилива и отлива, а дельтовое— небольшой амплитудой, а также отсутствием вдольберегового течения на устьевом взморье.

В однорукавном устье приливное и отливное течения сосредоточиваются в одном русле, поэтому дальше и на большее протяжение (чем во многорукавном устье) вверх по реке сохраняется живая сила приливной волны, а отливная волна перемещается по этому же руслу вместе с речным расходом, вследствие чего и создается более глубокое и устойчивое русло.

Многорукавное (дельтовое) устье характеризуется неустойчивостью русел. Часто приливное русло не совпадает с отливным. Приливные воды, растекаясь по рукавам и встречая в них сопротивление, уменьшают живую силу. Таким образом, их распространение вверх по реке затухает. В различных рукавах по-разному могут образовываться приливные и отливные русла, перераспределяться расходы и переформировываться русла устьевых рукавов.

Гребень приливной волны перемещается быстрее, чем подошва, что обуславливает сокращение времени подъема воды в устье и увеличение высоты подъема уровня. В реках, воронкообразно суживающихся вверх по течению, время роста приливной волны сокращается сильнее и подъем происходит скачкообразно в виде прибойной волны. Чем дальше вверх по течению реки, тем больше уменьшается время прилива и увеличивается время отлива.

Длина пути частицы воды в прилив и отлив не одинакова.

В устьевых участках приливных рек (вследствие влияния берегов и русла) он представлен двумя незамкнутыми прямыми линиями — отливной и приливной. Рукав с большим путем отлива по сравнению с

путем прилива несет большой собственный речной расход частиц воды. Длина пути частиц воды отлива и прилива меняется в зависимости от сезонного и многолетнего стока реки в широких пределах. Вверх по реке эта длина убывает.

Вследствие непрерывного и систематического изменения скорости течения воды в приливном участке непрерывно изменяется расход в течение приливо-отливного цикла.

Под расходом воды в приливо-отливном потоке понимают количество воды, протекающее в единицу времени через данное сечение в обоих направлениях. При этом положительным считается расход, направленный в сторону моря, а отрицательным — направленный вверх по реке. Таким образом, рассматривают отдельно приливный и отливный расходы, алгебраическая сумма которых дает мгновенный (секундный) баланс воды в этом сечении. Можно определить секундный расход и расход за все время прилива и отлива. В последнем случае можно установить общую зависимость этого расхода (объема воды) от высоты стояния среднего приливо-отливного уровня в данном пункте.

Продолжительность отливных расходов обычно больше, чем приливных, причем эта неравномерность увеличивается вверх по реке. Максимум расхода, как правило, наступает в моменты, близкие к моментам среднего приливо-отливного уровня при наивысших скоростях течения. Нулевые расходы (переход приливного расхода в отливный и обратно) происходят обычно несколько позже полной и малой вод.

9 Сток наносов и его распределение по рукавам

9.1 Общие сведения

Режим стока наносов в устье реки зависит от многих факторов: стока воды и наносов, поступающих на устьевой участок реки, скоростей течения в руслах и на устьевом взморье, растительности, волнения, приливо-отливных и сгонно-нагонных колебаний уровня, деятельности человека и др. Характерно, что значительная часть взвешенных наносов в устьях переходит в донные, что обуславливает рост дельты. Взвешенные наносы играют основную роль в формировании пойм и междоустьевых дельтовых пространств. Часть взвешенных наносов, проходящих по рукавам дельты транзитом, отлагается с естественной сортировкой на устьевом взморье вследствие уменьшения скоростей течения и коагуляции при смешении пресной речной и соленой морской воды. В формировании дна взморья принимают участие наносы морского происхождения, являющиеся продуктом разрушения морских берегов или дна вне зоны влияния реки. Ветровые и волновые течения взмучивают ранее отложившиеся на взморье речные и морские наносы, переносят их и отлагают на новых местах.

Значительное влияние на режим наносов оказывают приливы, и нагоны, оказывают на этот режим значительное влияние [13]. Замедление и последующее изменение направления течения в прилив или сильный нагон приводит к прекращению поступления наносов с вышележащих участков реки. Вместе с приливным течением в устье поступают наносы со стороны моря, которые по своему происхождению могут быть либо морскими, либо взмученными речными наносами, ранее отложившимися на взморье. Наносы, поступающие при приливе в реку, могут отлагаться в русле реки,

создавая отмели. В отлив течение с повышенными скоростями размывает отложившиеся наносы и уносит их в море. Вместе с ними выносятся и наносы, поступающие с вышележащих участков реки.

Большое влияние на динамику наносов и их отложение оказывает миграция клина более плотных морских вод в период приливо-отливного или сгонно-нагонного цикла. Придонная часть клина служит преградой для перемещения донных речных наносов. В самом клине с пониженными скоростями течения отлагаются взвешенные наносы.

В некоторых устьях (например, в устьях, впадающих в арктические моря, в устьях рек пустынь) увеличение стока наносов происходит частично за счет эоловых наносов. В устьях северных рек добавочное поступление наносов в рукава дельты связано с термокарстовыми явлениями.

Во многих устьях естественный режим нарушается хозяйственной деятельностью человека.

9.2 Основные вопросы режима и методы его исследования.

Режим стока взвешенных наносов в вершине дельты исследуется одновременно с режимом стока воды и на том же гидростворе. Измерения расходов наносов должны отражать все основные фазы режима стока воды и стока наносов (подъем, пик и спад половодья, межень и др., а также одну или несколько фаз хода мутности). С целью сокращения объема работ расходы взвешенных наносов можно измерять не при каждом измерении расходов воды.

В первую очередь должны исследуются: а) характер связи расходов воды, мутности и взвешенных наносов; б) основные характеристики режима стока наносов (средний многолетний сток взвешенных наносов, изменчивость годового стока, внутригодовое

распределение стока, максимальный и минимальный сток наносов и др.);

в) зависимость режима стока наносов от условий формирования стока воды и наносов в бассейне реки. Особенности режима стока наносов в вершине устьевой области и особенности режима стока взвешенных наносов на приустьевом участке реки, находящемся под влиянием устьевых процессов выясняют путем сопоставления годовых, месячных и других характеристик стока наносов на нескольких створах, нижним из которых является входной створ устьевой области в вершине дельты.

9.2.2 Распределение мутности вод дельты.

Изучение распределения мутности необходимо для исследования распределения стока наносов в пределах устьевой области, но может иметь и самостоятельное значение.

Наблюдения в дельте показывают, что мутность при одной и той же величине стока воды и стока наносов в вершине дельты оказывается по пространству дельты неодинаковой.

В озерах, плавнях, протоках дельты мутность изменяется еще в большей степени. Во внутренних дельтовых водоемах мутность значительно уменьшается, и воды их осветляются.

При сравнении средних мутностей по пространству дельты может быть построена карта равных мутностей (при различных фазах стока воды), которая поможет выявить и объяснить местные аномалии мутности в рукавах. В ряде случаев (в зоне активного волнения, размыва одного из берегов, в зоне водоворотов, около устоев моста и др.) вследствие повышенной турбулентности мутность оказывается завышенной, хотя это и не отражается на увеличении стока наносов рукава на всем его протяжении. Такие местные аномалии мутности

надо выделить и учитывать при расчете распределения стока наносов в рукавах дельты.

При исследовании связи мутности со скоростной структурой потока необходимо исследовать закономерности распределения мутности а) по вертикали в разных местах устьевой области и в разные периоды режима стока воды, особенно в приливных устьях, и при значительных нагонах и сгонах (в том числе при обратных течениях), б) на участках разветвлений (на примере двухчетырех наиболее характерных), г) на характерных участках фарватеров, бороздин, на взморье и на барах.

9.2.3 Распределение стока взвешенных наносов между главными рукавами дельты.

Весьма важно изучить соотношение стока воды и стока взвешенных наносов при их распределении по рукавам дельты. Натурные данные показывают, что среднее распределение стока взвешенных наносов происходит почти пропорционально среднему распределению стока воды.

Обычно устанавливают связь между величинами стока взвешенных наносов в рукавах на трех створах: на одном до разветвления и на двух — после. В качестве сравниваемых величин могут служить синхронно измеренные расходы взвешенных наносов, величины стока наносов, осредненные за неделю, месяц и т. д., и расходы взвешенных наносов, снятые с кривых связи.

9.2.4 Изменение стока взвешенных наносов вдоль рукавов дельты.

Как при исследовании изменения стока воды вдоль рукавов, возможны три способа измерений стока наносов: одновременные

(синхронные), измерения с учетом времени добегания и разновременные с построением кривых $R = f(Q)$.

Весьма полезные результаты при изучении изменения стока взвешенных наносов вдоль рукава могут дать одновременные (детальные) измерения расходов воды и взвешенных наносов на нескольких створах вдоль рукава ежедневно в течение пятишести дней. В результате могут быть получены надежные данные об изменении как стока воды, так и стока взвешенных наносов вдоль рукава. Измерения проводятся в различные фазы водного стока и стока наносов: на подъеме половодья, на пике мутности, на пике половодья, на спаде половодья, в низкую межень. Такие измерения незаменимы при исследовании изменения стока наносов вдоль приливных участков рек (длительность работ должна составлять 15 суток).

Имея кривые $R=f(Q)$, если они надежны, или таблицы ежедневных (декадных) значений стока наносов для ряда створов, можно получить представление об изменении стока наносов вдоль рукава. При этом рассматривают изменения величины среднего годового стока наносов вдоль рукава для периодов межени и половодья. Такие характеристики дают некоторое представление о русловых деформациях по длине рукава и о внутригодовых изменениях в каждом створе.

9.2.5 Режим стока донных наносов.

При исследовании режима стока донных наносов выясняют те же вопросы, что и при исследовании взвешенных наносов. Кроме того, изучают характер и особенности динамики различных форм скопления донных наносов в руслах и на баре.

Для решения этих вопросов сравнивают расходы донных наносов. Они могут быть измерены непосредственно с помощью приборов (донных батометров) или рассчитаны по формулам. Оба эти метода могут дать существенные ошибки. О величине стока донных наносов можно приблизительно судить также по размерам движущихся гряд и по объемам наносов на бере.

Рекомендуется устанавливать связи между величинами стока донных наносов, стока воды и стока взвешенных наносов, а также попытаться связать непосредственно измеренные расходы донных наносов с гидравлическими элементами потока и, если связь получится хорошей, то пользоваться ею в дальнейшем.

9.2.6 Движение наносов на взморье.

При исследовании движения наносов на взморье решают следующие вопросы:

а) выясняют количество речных взвешенных и донных наносов, поступающих на взморье, по измерениям на выходных гидростворах рукавов;

б) изучают распространение речных наносов на взморье. При этом важно исследовать закономерности изменения концентрации взвесей вдоль и поперек речных струй (в какой мере это уменьшение объясняется уменьшением скоростей течения, а в какой — перемешиванием речной воды с морской); закономерности изменения количества взвесей по вертикали; влияние на распределение взвесей ветра; закономерности сезонных изменений величины водного стока и стока наносов, волнения, взмучивающего наносы на взморье, растительности.

Наблюдения необходимо вести одновременно с гидрологическими съемками, дающими представление о

динамических и физико-химических характеристиках речных струй на взморье. Учитывая трудоемкость гидрологических работ съемки проводятся в следующие гидрологические фазы: на подъеме, вблизи пика половодья и в межень (при двух-трех разных направлениях ветра).

Интересные данные могут быть получены в результате наблюдений за гидрофронтами, отделяющими две водные массы — речную и морскую или речную осветленную — после прохождения их через заросли. В устьях рек с большим стоком взвешенных наносов мутные воды четко выделяются по своему цвету. При изучении этого вопроса обращают внимание на очертания гидрофронта и его изменчивость в зависимости от изменения ветра, угол наклона плоскости гидрофронта, диапазон изменения мутности по обе стороны гидрофронта и др. Наблюдения за очертаниями гидрофронта можно производить с самолета.

Движение донных наносов на взморье можно изучать следующими способами: сравнением последовательных грунтовых карт, анализом колонок, анализом форм рельефа (особенно вблизи берега), наблюдением над движением песчаных наносов с помощью люминофоров или радиоактивных изотопов по схемам, построенным на основании промеров на выбранных участках, а также отбором проб с помощью донных батометров.

Анализ вертикальной смены грунтов в колонках дает представление о динамике грунтов или хотя бы (совместно с картой грунтов) о перемещении зон грунтов во времени. Большую пользу принесет определение механического состава наносов. При изучении морфологии береговых и подводных валов, кос. пляжей, пересыпей и др. [7, 10] следует по возможности объяснять ту или иную форму рельефа гидрологическими условиями (преобладающими

направлениями волнения, ветровых и волновых течений, их повторяемостью и др.). Обычно наблюдают наиболее динамичные формы рельефа, приводят их описание, зарисовки, фото. Это дает возможность установить характер их изменения и выяснить направление преобладающего движения наносов. Полезно проводить систематические наблюдения над динамикой дна взморья (промеры два-три раза в год, особенно после сильных штормов). Хорошие результаты дает сравнение планшетов разновременных аэрофотосъемок морского края дельты.

Движение наносов на взморье под влиянием гидрологических факторов играет важную роль в заносимости каналов, портов, формировании баров. Поэтому для изучения заносимости следует организовать специальные наблюдения.

9.2.7 Движение наносов в устьях, подверженных приливно-отливным и сгонно-нагонным явлениям

Режим наносов при значительных приливо-отливных и сгонно-нагонных явлениях характеризуется переменным направлением движения наносов и значительными колебаниями их расхода. При значимом влиянии указанных процессов на режим устьевой области необходимо изучать следующие вопросы:

а) характер изменения расходов наносов при изменениях расходов воды. Для этих целей строят хронологический график измеренных расходов воды, расходов наносов и средней мутности. В приливном устье анализу должен быть подвергнут период около 15 суток (полумесечное неравенство, включающее сизигию и квадратуру). Такой анализ необходимо провести в различные периоды речного стока (подъем, пик, спад половодья, межень);

б) изменение механического состава взвешенных и донных наносов в устьевой области в течение приливного цикла (отдельно для различных фаз стока воды): пробы можно отбирать одновременно с измерением расходов наносов или специально при продольном разрезе вдоль рукавов и на взморье;

в) связь мутности с динамической структурой потока— распределение мутности по вертикали при двуслойных течениях и в периоды значительного подпора и спада уровня и др., а также при миграции клина плотных морских вод на взморье и в рукавах дельты. Для решения этого вопроса необходимо организовать измерение расходов воды и взвешенных наносов на гидростворах (в течение всего цикла изучаемого явления) или организовать повторные продольные разрезы вдоль рукавов и на взморье с комплексом гидрологических наблюдений (течения, мутность, соленость и др.) на станциях (с постановкой судна на якорь).

9.2.8 Механический состав наносов и грунтов и устойчивость донных отложений.

Путем систематических наблюдений над составом наносов в рукавах дельты должны быть исследованы следующие вопросы:

а) механический состав взвешенных наносов и его зависимость от фазы гидрологического режима. Для этих целей пробы воды на анализ берут в характерные фазы режима стока воды и стока наносов (подъем половодья, пик мутности, пик половодья, спад половодья, межень);

б) механический состав взвешенных наносов в приливных устьях и его связь с фазами приливного цикла. Берут, как минимум, две пробы за приливный цикл — в максимум отлива и максимум прилива;

в) изменение механического состава взвешенных наносов по территории устьевой области. Эти пробы надо брать по возможности синхронно и на одном горизонте (например, у поверхности). При этом для выяснения изменения состава наносов вдоль устьевой области необходимо взять три—шесть проб: выше вершины дельты, в дельте (рукава и озера), перед выходом на взморье, на взморье;

г) изменение механического состава донных наносов и отложений (грунтов) в разные периоды режима стока воды и стока наносов, вдоль устьевой области (связь с изменением гидравлических элементов потока вдоль рукавов) и поперек русла (связь с изменением гидравлических элементов потока по ширине русла). Необходимо иметь в виду, что уменьшение диаметра наносов может быть также связано с процессом истирания частиц.

По механическому составу наносов можно судить о направленности русловых процессов, аккумуляции или размыве.

Донные отложения на взморье характеризуют гидрологические процессы. Карта донных грунтов взморья хорошо иллюстрирует динамические процессы на взморье. Грунты на взморье по происхождению подразделяются на морские и речные. Различать их можно по механическому анализу, характеру сортировки частиц, содержанию органических веществ в наносах, наличию различных видов ракуши (пресноводных и солоноватоводных) и др. Иногда требуется произвести минералогический анализ в специальных лабораториях. Последовательная смена грунтов и крупности его частиц покажет степень затухания стоковых и ветровых течений у дна.

Для исследования влияния гидрологического режима на грунты взморья необходимо проводить повторные съемки в периоды

подъема и спада половодья, межени, после сильного шторма на некоторых участках взморья, особенно на барах.

10 Динамика гидрографической сети, рельефа дна взморья и русловые процессы

10.1 Общие сведения

Под динамикой гидрографической сети понимают постоянно происходящие (в основном необратимые) изменения в строении Есей гидрографической сети (русловой, озерной, лиманной и т. п.) устьевой области реки, отражающие общий процесс формирования и развития дельтовой равнины, т. е. процесс дельто- образования.

Под русловым процессом понимают все изменения в морфологическом строении русла и поймы (в устьевых областях под поймой следует понимать поверхность современной аллювиальной дельтовой равнины), которые происходят под действием текущей воды, отражая процесс или форму транспортировки наносов речным потоком.

В устьях рек активизируются одни и отмирают другие рукава, заиляются внутридельтовые водоемы, образуется речной бар на выходе речного потока в море, удлиняется устье и уменьшается продольный уклон водотока, обуславливая усиление аккумулятивных процессов и т. п.

Степень изменчивости гидрографической сети дельты определяется главным образом интенсивностью развития русловых процессов, зависящих от ряда гидрологических, геоморфологических и других факторов. Динамика гидрографической сети дельты также связана с развитием дельты в целом как геологического и географического объекта.

Русловые процессы в устьевых областях рек имеют много общего с русловыми процессами равнинного участка реки, поэтому

методические основы исследования русловых процессов, выработанные в ходе исследований равнинных рек, в значительной степени могут быть применены к исследованиям устьевых областей рек. Поскольку эти области являются в основном зонами аккумуляции речных наносов, то русловые процессы приобретают здесь некоторые специфические особенности, требующие во многих случаях применения иной методики исследований и наблюдений. Отдельные типы русловых образований в отличие от образований в реке на равнинном участке не претерпевают полного цикла развития. Наблюдается относительно частая смена во времени типов русловых образований на одном и том же участке русла и поймы, не обуславливаемая изменениями общего режима стока воды и наносов бассейна реки.

10.2 Основные вопросы режима

При оценке режима исследуются следующие вопросы:

1) динамика гидрографической сети и русловые процессы: общие закономерности развития гидрографической сети, деление русла на рукава, образование прорывов, отмирание рукавов, заиление внутридельтовых водоемов, распределение стока внутри дельты и др.;

2) динамика барово-култучной зоны, включающая динамику морского края дельты, в месте выхода водотока и между водотоками, определяющая рост дельты, устьевое удлинение, перераспределение стока на морском крае, влияние искусственных каналов на динамику бара, заносимость и др.;

3) динамика дна взморья: формирование бороздин, подводных кос, осередков, островов, общего устьевого морского бара,

свала глубин, а также перемещение вдольберегового потока наносов и заносимость каналов.

10.2.1 Динамика гидрографической сети и русловые процессы. Особенности строения гидрографической сети дельты состоят в том, что густота ее увеличивается по мере приближения к морю. Эта сеть испытывает постоянные изменения, причем их интенсивность также возрастает по направлению к морю. По мере выдвигания дельты в море в тыловой ее части одни водотоки активизируются за счет отмирания других, в то время как число водотоков на морском крае дельты, впадающих в море, либо увеличивается по мере увеличения длины морского края, либо остается почти постоянным. В дельтах с большим твердым стоком, выдвигающихся в море неравномерно, развитие гидрографической сети в отдельных районах дельтовой равнины циклично. Это выражается в том, что на определенном этапе развития дельтовой равнины вся или значительная часть гидрографической сети сосредоточивается только в одном из районов дельты, наиболее активно развивающемся на данном историческом этапе. После того, как этот район достаточно глубоко выдвинулся в море и продольный уклон его стал значительно меньше по сравнению с соседними районами, отставшими в своем выдвигании, начинается постепенное отклонение основного стока воды в район с наибольшим продольным уклоном. Этот процесс сопровождается отмиранием гидрографической сети в первом и формированием его во втором районе.

Гидрографические исследования надо начинать с составления подробной гидрографической карты устьевой области, для чего используют последние крупномасштабные картографические и аэрофотосъемочные материалы. По гидрографической карте районировать устьевую область с учетом гидрологических данных,

густоты и характера сети. При наличии материалов описательного характера устанавливаются генетические особенности Еодоемов и водотоков. Когда определенно известно или становится очевидным из материалов предварительных рекогносцировочных работ несоответствие составленной гидрографической карты истинному положению (в условиях активно развивающихся дельт это обычное явление), разрабатывается программа подробных гидрографических экспедиционных исследований в расчете на один-три года (в зависимости от сложности гидрографической сети и объема работ).

Экспедиционные гидрографические работы должны идти параллельно с камеральными исследованиями истории развития гидрографической сети дельты. Материалами для такого изучения могут служить геологические, почвенные, ландшафтные, ботанические карты и очерки. Наибольшую ценность представляют историко-картографические и гидрографические материалы. Большое значение имеют материалы о межвековых и внутривековых изменениях климатических условий бассейна, поскольку разные по водности периоды могут быть определенным рубежом в наступлении резких изменений в общем строении гидрографической сети дельты.

Комплексный анализ всех имеющихся материалов позволяет выявить последовательность формирования аллювиальной дельтовой равнины, а в конечном итоге — эволюцию ее гидрографической сети. Важно установить, когда, в каком историческом периоде, в каком направлении более активно формировалась дельтовая равнина и, следовательно, более активно развивалась гидрографическая сеть, когда и при какой водности и, что особенно важно, хотя и наиболее трудно установить, при каких соотношениях в высотном положении отдельных районов дельты наступает период значительной перестройки гидрографической сети,

т. е. ее отмирание в прежнем направлении и активизация или появление в новом. При этом важно отделить естественный процесс развития от процесса, развивающегося под влиянием искусственных мероприятий.

В результате гидрографических исследований необходимо получить достаточно полную генетическую классификацию всех водоемов и водотоков устьевой области, характеристику развития водных объектов и перехода их из одного типа в другой, установить цикличность или периодичность в формировании дельтовой равнины, современную тенденцию развития гидрографической сети в целом, а также отдельных узлов разветвления.

Деление основного потока на рукава происходит вследствие различных причин. Можно указать на следующие основные формы естественного деления: а) деление в результате образования осередка (баровой отмели) в устье потока при впадении его в приемный водоем и б) деление вследствие образования устойчивых береговых прорывов, развивающихся в последующем в самостоятельный русловой поток.

Первая форма более характерна для устьев равнинных рек с малой мутностью и относительно небольшим твердым стоком. Вторая форма присуща рекам, имеющим большую мутность и относительно большой твердый сток.

По мере продвижения от вершины дельты к ее морскому краю русловая сеть в силу многократного деления потока мельчает. Каждый последующий после очередного деления участок русла находится на различных стадиях развития, отражающих различную тенденцию развития всей гидрографической сети. В вершине дельты

сильнее выражен процесс укрупнения русловых потоков за счет отмирания второстепенных потоков.

Чем ближе к вершине дельты, тем реже образуются береговые прорывы, однако они обычно более устойчивы и более перспективны с точки зрения перехода их в относительно крупные рукава и даже в основное русло. Наоборот, чем ближе к морскому краю дельты, тем чаще происходит образование береговых прорывов, но они менее устойчивы и мало перспективны в смысле перехода в самостоятельные, постоянно действующие потоки. Это обстоятельство следует учитывать при установлении объектов стационарных наблюдений за русловыми процессами как в узлах разветвления, так и на участках образования береговых прорывов.

Отмирание отдельных, иногда весьма крупных рукавов, обуславливается либо характером развития русловых образований основного русла и закупоркой истока ответвляющегося рукава русловыми отложениями, либо активным устьевым удлинением, либо в результате прорыва другого рукава по более короткому пути к водоприемному бассейну.

Начало процесса отмирания рукава характеризуется уменьшением доли стока, а также преобладанием аккумулятивных процессов в русле над эрозионными.

В задачу исследований в данном случае входит выявление причин отмирания и характера перестройки русловых образований на разных стадиях отмирания рукавов. В конечном итоге решение этой задачи сводится к следующему: 1) выделение основных типов русловых процессов и установление закономерностей перехода одного типа в другой, выделение морфологически однородных участков и выявление закономерности распространения их по

территории устьевой области; 2) выявление роли внешних факторов (геологических, геоморфологических, гидрологических и т. д.) в формировании типов русловых процессов; 3) выявление закономерностей изменения гидрографической сети;

4) установление взаимовлияния русловых процессов и динамики гидрографической сети; 5) выработка основ методики расчета и прогноза русловых деформаций и эволюции гидрографической сети.

10.2.2 Динамика речного бара и морского края дельты.

В устьевых областях широко распространено одно из морфологических образований — баровая отмель, или речной бар, формирующийся в устье реки при впадении ее в море. Бары более характерны для неприливных устьев, поскольку в приливных устьях мощные отливные течения обычно такую отмель размывают. Формирование бара в основном осуществляется за счет русловых наносов, однако в некоторых случаях (при наличии значительного вдольберегового морского потока наносов) в формировании бара участвуют и морские наносы.

Поскольку влекомые наносы речного потока перемещаются в форме определенных морфологических образований, можно считать, что устьевой бар — это конечная стадия перемещения структурных донных русловых образований, но по форме отличающихся от чисто русловых в силу начала действия дополнительных гидродинамических факторов (волнения, вдольберегового морского течения и потока наносов).

Речной поток способствует формированию бара, а волнение — его разрушению. В задачу систематических исследований бара входит

выявление характера его морфологических изменений, происходящих под влиянием этих факторов.

Темпы выдвигания дельты, а следовательно, и изменений контуров ее морского края определяются объемом стока речного аллювия и наносотранспортирующей емкостью вдольберегового потока (вернее, превышение первого над вторым) и глубиной взморья. Чем больше объем стока речных наносов превышает полную емкость вдольберегового потока и чем меньше глубины взморья, тем быстрее происходит выдвигание дельты в море и наоборот.

В динамике морского края дельты проявляется взаимодействие двух противоположно направленных тенденций — выдвигания дельты в море (в основном за счет накопления речных наносов) и срезания волнением наиболее выдвинувшихся участков дельты. В результате возникает большое разнообразие форм контура морского края дельты.

Неравномерное выдвигание дельты, характерное для устьев с отмелым взморьем, создает благоприятные условия для образования мелководных, глубоко вдающихся в дельтовую равнину заливов с их обособленным гидрологическим и гидрохимическим режимом. Отшнуровыванию этих заливов от моря обычно способствует вдольбереговой поток наносов, за счет которого образуются вытянутые косы, отгораживающие заливы от моря.

10.2.3 Динамика дна взморья.

Рельеф дна устьевого взморья, особенно отмелого, часто имеет очень сложный и изменчивый характер вследствие образования многочисленных подводных русловых борозд или бороздин, вырабатываемых приливо-отливными и сгонно-нагонными течениями, баровых отмелей, подводных валов и т. п.

Одним из основных вопросов при изучении динамики дна взморья является исследование движения наносов и заиосимости каналов в устьях рек. Возможны следующие общие задачи исследования заиосимости: а) установление величины заиосимого существующего канала и ее связь с прибрежным донным потоком наносов, а также определение границ между речной, смешанной и морской заиосимостью, б) установление наивыгоднейшего направления трассы проектируемого канала, обеспечивающего наименьшую заиосимость, в) выработка методики зимнего прогноза навигационной заиосимости канала для заблаговременного планирования количества земснарядов к навигации.

Наносы, входящие в канал или на взморье из рукава дельты, постепенно оседают в канале по мере уменьшения скоростей при выходе струи из рукава, обуславливая обмеление ближайшей к морскому краю дельты части канала.

В половодье обмеление значительно больше и нередко вызывает образование в канале донных форм рельефа (например, шалыги в устье Волги), напоминающих устьевой бар, но небольших размеров. Зона максимальной интенсивности транзита наносов не бывает постоянной, так как внешний край зоны забурунивания с ростом волны перемещается в сторону моря на большие глубины. Мористые участки канала имеют различную заиосимость при различных штормах. Эту закономерность можно выявить путем сравнения точных промеров глубин до и после шторма.

10.3 Методы исследований и наблюдений

10.3.1 Методы исследований

Постановка комплексных исследований русловых процессов в устьевых областях сравнительно нова и в методическом отношении

очень слабо разработана. Отсутствие достаточного опыта в постановке таких исследований исключает возможность создания в данный момент универсальных рекомендаций.

Комплексные гидравлические и гидролого-морфологические методы русловых исследований, требующие вследствие их большой сложности и трудоемкости высокой квалификации исполнителей, не всегда находят широкое применение на устьевых станциях. Особенно большие трудности использования гидравлических методов возникают при исследовании многорукавных дельт, поэтому в устьевых областях большее применение могут найти гидролого-морфологические методы. Это диктуется еще и тем обстоятельством, что станциям приходится иметь дело с устьевой областью в целом.

Вследствие большого разнообразия типов устьевых областей нет возможности предложить единую схему русловых исследований. К исследованиям необходимо подходить дифференцированно, в зависимости от конкретных естественных условий и от предъявляемых народным хозяйством запросов. На выбор схемы исследований русловых процессов большое влияние оказывает степень изученности гидрологического режима устья.

Устьевые области можно подразделить на сложные (многорукавные) и простые (малорукавные). Русловые процессы в устьях исследуются по следующим этапам:

- 1) составляют сокращенную гидролого-морфологическую схему на базе анализа имеющихся картографических, гидрографических, аэрофотосъемочных, гидрологических, геологических и иных материалов. Районируют всю устьевую область по признаку гидролого-морфологической однородности, т. е. по признаку однотипности внешних форм проявления русловых процессов

(общая густота речной сети, ширина, глубина, извилистость отдельных русел, частота и характер деления на рукава и др.). Для простых устьевых областей районирование гидрографической сети обычно не производят, однако русло разбивают на морфологически однородные участки и выявляют роль отдельных участков в общей схеме руслового процесса;

2) устанавливают внешние факторы, определяющие особенности русловых процессов по каждому району (гидрологические, геоморфологические, геологические и искусственные мероприятия) ;

3) выявляют места каждого из районов в общей схеме развития русловых процессов в данной устьевой области и их взаимосвязи с соседними районами;

4) выявляют в границах морфологически однородные районы наиболее типичного русла. При выборе последнего следует также учитывать практическую значимость того или иного рукава;

5) детально исследуют на избранном русле наиболее типичные и характерные для данного района комплексы русловых образований (деление на рукава, слияние рукавов, излуины, петли, островные участки, баровые участки и т. п.).

Для зарегулированных участков с закрепленными берегами или при наличии землечерпания составляют крупномасштабный план глубин, карты донных грунтов, выделяют морфологически однородные участки русла, составляют морфологическую характеристику русла и типизируют русловые образования, выявляют внешние факторы, определяющие развитие русловых процессов, и устанавливают закономерности развития этих процессов.

Для исследования русловых процессов необходимо подбирать наиболее крупномасштабные съемки русла и поймы за различные годы. Большинство таких материалов не издано и находится в архивах многих организаций. В устьях рек наземными съемками обычно охватывают лишь главные рукава, поэтому исключительную ценность представляют материалы сплошной аэрофотосъемки. Желательно иметь аэрофотосъемки разных лет, однако и разовые съемки весьма ценны, поскольку по ним во многих случаях удается восстановить ход деформации, особенно после дешифрирования на месте (1, 2]. Надо стремиться к тому, чтобы на смежных разновременных съемках был зафиксирован однонаправленный процесс. В противном случае нельзя проследить последовательность развития русловых образований. При наличии материалов разрозненных случайных съемок, при условии установления водности русла на период съемки также можно составить представление о том, насколько закономерен тот или иной тип русловых процессов на различных стадиях развития гидрографической сети. При всех исследованиях учитывают данные о сроках введения в строй тех или иных гидротехнических сооружений, о назначении отдельных сооружений и их влиянии на гидрологический и русловой режим, о землечерпании, планы прорезей. При наличии русловыправительных и берегоукрепительных сооружений следует иметь сведения об их плановом расположении и общие характеристики конструкций.

В крупных устьевых областях со сложной сетью морфологическая съемка может производиться по отдельным районам или участкам русла большой протяженности. Лучше всего съемку приурочивать к периоду после спада половодья или низких горизонтов воды.

Практически эта съемка сводится к картированию в первую очередь крупных морфологических и русловых элементов, существующих во все фазы водного режима, и гидрометрическим работам.

В ходе полевых работ уточняют границы и положение крупных морфологических образований с учетом происшедших изменений со времени последней съемки, определяют высоту элементов этих образований и их объемные характеристики, характер строения и механический состав грунтов аккумулятивных образований и эродируемых участков берега и поймы. Более детальные работы производятся на заблаговременно выбранных в ходе характерных работ типичных морфологических русловых и пойменных образованиях [1]. Наряду с картированием морфологических элементов следует картировать почвенный и растительный покровы и другие элементы ландшафта.

В редких случаях гидравлический режим руслового потока достаточно хорошо изучен на большом протяжении русла.

В подавляющем большинстве случаев гидрометрические створы по длине исследуемого участка русла расположены на большом удалении один от другого, а на многих второстепенных рукавах могут и вообще отсутствовать. В связи с этим возникает необходимость в проведении хотя бы сокращенного комплекса гидрологических работ при морфологической съемке. По времени эти работы могут в некоторых случаях и не совпадать с морфологической съемкой.

Поскольку основные деформации русла и поймы происходят в период весеннего половодья или больших паводков, то важно получить общие гидравлические данные о потоке именно в этот период, а не только в период меженного стояния уровня, к которому

приурочивается морфологическая съемка. К составу гидрометрических работ, входящих в комплекс морфологической съемки, можно отнести продольные и поперечные промеры русла, измерение скоростей течения и мутности.

Продольный промер русла выполняют при отсутствии подробных русловых съемок исследуемого участка, отражающих состояние профиля к моменту' составления схемы развития русловых процессов. В зависимости от устойчивости русла можно ограничиваться данными о продольном профиле различной давности, но не более чем 10-летней, а для таких рек, как Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Или и др., давность продольного промера не должна быть больше года. На реках с относительно устойчивым руслом продольные и поперечные промеры целесообразнее проводить в меженный период. На реках с большой сезонной изменчивостью донного рельефа (Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Терек и др.) необходимо иметь как минимум два продольных профиля дна (по фарватеру)- один отражает первую половину фазы спада половодья, другой межень перед началом половодья. Поперечные профили нужно снимать как минимум в двух сечениях русла на каждом морфологически однородном участке. При этом сечения намечают в местах развития наиболее типичных русловых форм этого участка.

10.3.2 Методы наблюдений

Стационарные работы выполняют в течение длительного времени (нескольких лет) только на постоянных выбранных участках водотоков дельты. Эти работы представляют собой инструментальные и полуинструментальные наблюдения. Помимо этого осуществляют периодические наблюдения над динамикой гидрографической сети. В дельтах с большой изменчивостью гидрографической сети, как, например, в дельтах Аму-Дарьи, Терека и

др., проводят постоянные систематические гидрографические наблюдения, в остальных — эпизодические через 5—10 лет. Задачей этих наблюдений является своевременная регистрация изменений в строении гидрографической сети и оценка влияния внешних факторов, обуславливающих эти изменения. Гидрографические наблюдения можно проводить в виде контрольных гидрографических рекогносцировок основных водных объектов и аэровизуальных наблюдений на всей территории дельты с картированием всех выявленных изменений в строении гидрографической сети. Учащенные рекогносцировки проводятся на наиболее изменчивых объектах или в целом по районам с наименее устойчивой гидрографической сетью. В состав систематических гидрографических наблюдений должны входить и наблюдения за изменениями очертаний морского края, происходящими в зависимости от колебаний уровня приемного бассейна, в результате волновых или приливо-отливных течений, собственного выдвижения дельты вследствие аккумуляции речных наносов и т. п. Такие наблюдения можно выполнять путем эпизодических гидрографических съемок морского побережья и путем постановки стационарных гидролого-морсьологических наблюдений за наиболее изменчивыми морфологическими образованиями морского побережья.

Стационарные наблюдения должны быть поставлены прежде всего на следующих русловых типичных и характерных для устьевых областей. 1) на разветвлении русла на рукава, 2) на прорывах и на новых рукавах русла, 3) на отмирающих рукавах, 4) на речном баре. Кроме того, организуют наблюдения за динамикой морского края дельты и дна устьевого взморья, а также за процессами, обуславливающими заносимость каналов.

Для стационарных наблюдений следует выбирать разветвления, находящиеся на разной стадии развития. При устойчивом существовании разветвления рукава период систематических наблюдений может быть ограничен двумя-тремя годами.

В последующем должна проводиться раз в два-три года одна морфологическая съемка участка до отметки наивысшего горизонта воды, наблюдавшегося после предыдущей съемки. Если при этом на основании сопоставления съемок будет отмечена определенно выраженная тенденция в развитии объекта, следует возобновить систематические наблюдения еще на два-три года и т. д. В тех же случаях, когда на исследуемом участке наблюдается большая интенсивность переформирования русловой системы, а масштабы и направленность выраженной тенденции вполне определенно выявляются из материалов систематических двух-трехлетних наблюдений, стационарные наблюдения по сокращенной программе (уменьшенное количество съемок) должны продолжаться до полного отмирания одного из рукавов.

При постановке стационарных наблюдений за русловым процессом на разветвлениях рукавов надо учитывать и степень хозяйственного исследования того или иного рукава, влияние его на развитие всей гидрографической сети дельты.

При разветвлении основного русла примерно на равные рукава выбранный участок должен охватывать как минимум по одной макроформе вверх по течению по основному руслу и вниз по течению в разветвлениях. В тех же случаях, когда одно из ответвлений представляет собой продолжение основного русла, длина участка по основному руслу может быть ограничена длиной одной макроформы, в пределах которой наблюдается отделение рукава, а по побочному руслу—длиной первой, определенно выраженной в нем макроформы.

Съемкой охватывают не только русло, но и пойму в пределах возможных плановых деформаций русла. Густота размещения промерных профилей в русле и нивелировочных профилей на пойме должна быть такой чтобы обеспечить выявление всех основных морфологических образований руслами поймы.

Участок стационарных исследований оборудуется водомерным постом, на котором производят учащенные наблюдения в период работ. Пост дополнительно оборудуют максимальной и минимальной рейками, по показаниям которых определяют максимальный и минимальный уровень не только в период работ, но и в промежуток времени между циклами наблюдений. При отсутствии тесной связи между уровнем на посту участка и уровнями ближайших верхнего и нижнего постоянных сетевых постов возникает необходимость в проведении годового цикла наблюдений за уровнем на исследуемом участке.

Основные гидрометрические створы располагают выше разветвления (на верхней границе начала перестройки мезоформ на подходе к разветвлению) и на ответвлениях (на нижних границах участков перестройки русловых мезоформ в связи с делением потока на рукава). При большой протяженности этого участка следует организовать дополнительный гидрометрический створ непосредственно в месте разветвления.

Регулярные наблюдения на разветвлении имеют цель установить связи между деформациями русла и поймы и скоростным полем потока. Одна из важнейших задач этих наблюдений состоит в выявлении характера перестройки структуры донных подвижных морфологических образований в узле разветвления. Частота измерений во времени определяется характером изменений водного режима потока и интенсивностью русловых деформаций.

Промерные работы выполняют по нескольким основным постоянным, а также дополнительным поперечникам, намечаемым с целью более полной зарисовки контуров различных русловых образований (гряд, кос, побочней и т. п.)- Дополнительные поперечники могут быть не постоянными, особенно при проведении промеров с помощью эхолота. Съёмку по поперечникам выше уровня воды доводят до отметки максимального высокого уровня, наблюдавшегося в промежуток времени между предшествующим и данным циклом наблюдений.

Съёмку скоростного поля потока производят одновременно или вслед за выполнением промерных работ в русле. Направление и скорости течения измеряют детальным способом как минимум на трех створах. Для изучения структуры скоростного поля потока на разветвлении между верхним и нижним створами можно ограничиваться измерением поверхностных и придонных скоростей течения на дополнительных створах, густота размещения которых должна быть согласована с продольными размерами мезоформ данного участка русла.

На основных створах наряду с измерениями скоростей течения отбирают пробы воды на мутность и картируют зоны обратных течений, водоворотов, вспучивания, воронок остановившихся волн и т. п.

При сгонно-нагонных и приливных явлениях сток воды и наносов по рукавам может перераспределяться. Следовательно, гидрометрические работы надо приурочивать к разным фазам развития хорошо выраженного того или иного явления.

Наблюдения за образованием береговых прорывов.
Стационарные наблюдения за образованием береговых прорывов и

их последующим развитием до стадии самостоятельного, постоянно действующего руслового потока включают выявление а) характера развития руслового процесса в основном русле, вызывающего образование прорыва берега, б) влияния рельефа, геологии и растительного покрова на развитие прорыва и последующее формирование нового русла, в) последовательности развития прорыва и формирования нового русла, а также характера и последовательности форм русловых образований на разных стадиях развития нового русла, г) характера заполнения наносами пойменных понижений, д) влияния деятельности человека на образование береговых прорывов. Стационарные наблюдения имеет смысл ставить в тех устьевых областях, где это явление широко распространено.

В подавляющем большинстве случаев крупные береговые прорывы с тенденцией последующего развития до стадии самостоятельного руслового потока образуются на участках резких поворотов русла, т. е. на участках его интенсивного бокового смещения.

Процессы образования береговых прорывов изучают одновременно с исследованием развития типичной русловой макроформы. Участки для наблюдений выбирают в различных районах дельты с учетом разных стадий развития русловой сети. Систематические или регулярные наблюдения желательно проводить одновременно не более чем на двух-трех участках.

Длину участка определяют размерами русловой макроформы.

На смежных верховой и низовой макроформах проводят наблюдения по сокращенной программе (общую плановую съемку и

промеры один раз в год). Состав регулярных наблюдений в основном аналогичен составу наблюдений на участке разделения потока.

В дальнейшем проводят дополнительные наблюдения уже за самим процессом последовательного развития или выработки в толще пойменных отложений нового русла с его характерными формами. С этой целью следует фиксировать моменты начала, максимума и окончания слива воды через прорыв и величину перепадов уровня, а также измерять расходы воды через прорыв (на подъеме, пике и спаде). При невозможности прямого измерения расхода воды его определяют по разности измеренных расходов в основном русле выше и ниже прорыва.

После прекращения сброса воды через прорыв ежегодно один раз в год производят подробную топографо-морфологическую съемку участка поймы на протяжении всей длины выработанных в пойменных отложениях эрозионных бороздин и конуса выноса, образовавшегося из отложений прорыва. Для определения объема отложений в конусе выноса этой съемкой должна быть охвачена если не вся, то хотя бы часть пойменного понижения, в которой формируется конус выноса прорыва. Картируют также растительный покров и производят грунтовую съемку в пределах полосы образований бороздин и конуса выноса с шурфованием или прикопкой на глубину до отметок дна наиболее глубоких ям в бороздинах.

С того момента, когда береговой прорыв начинает оформляться в более или менее самостоятельный русловой поток, следует распространить на верхний участок нового русла те же русловые наблюдения, что и на основном русле.

Наблюдения за процессами отмирания рукава. Основные виды стационарных наблюдений аналогичны наблюдениям на

разветвлении рукавов, однако участок систематических наблюдений на отмирающем рукаве удлиняют с таким расчетом, чтобы охватить съемками две первые макроформы русла. В качестве дополнительных наблюдений проводят эпизодические промеры по контрольным поперечным профилям русла с нивелировкой берегов до отметок наивысшего уровня, наблюдавшегося в период между двумя смежными по времени промерами. На каждом морфологически однородном участке отмирающего рукава желательно иметь пять профилей, охватывающих одну наиболее типичную русловую макроформу. Поперечники делают постоянными, закрепленными створными знаками и оборудованными хотя бы одним репером для каждой группы поперечников.

Промеры производят с учетом режима стока: в половодье три (подъем, пик и спад), в межень два-три раза. В зимних условиях желательно производить промеры со льда после зажорно-заторного явления.

В тех случаях, когда на отмирающем рукаве нет постоянного гидроствора, его организуют для измерения расходов воды и наносов. Частота измерений определяется характером режима стока, но надо добиваться получения достаточно надежной связи стока в отмирающем рукаве со стоком в основном русле.

В рукавах, действующих временами, промеры по контрольным поперечникам проводят два-три раза за период установления стока, если этот период длится не менее трех-четырех месяцев в году. При меньшем периоде промеры вообще не производят, однако вместо этого выполняют по одному разу нивелировки поперечников, спустя не менее месяца после прекращения стока (после уплотнения грунта).

Наблюдения на речном बारे. В подавляющем числе случаев организация систематических наблюдений на बारे сопряжена с большими трудностями в силу мелководности, неустойчивости глубин, сильного волнения и т. п.

В район наблюдений входит прилегающий к устью участок русла как минимум с одной! полной макроформой и вся баровая отмель исследуемого рукава. Если это не вызывается сугубо практической необходимостью, то исследования в первые годы целесообразнее проводить на сравнительно небольших обособленных рукавах с ярко выраженной баровой отмелью. По мере накопления опыта работ исследования переносят на устья крупных и наиболее важных (особенно в водно-транспортном отношении) рукавов. Границу баровой отмели можно определять по форме изобат.

Кроме баровой отмели, район наблюдений включает прибрежную полосу моря от уреза воды до изобаты, оконтуривающей подошву баровой отмели.

Для проведения наблюдений прокладывают и закрепляют основную магистраль вдоль рукава и намечают промерные профили. Частота размещения профилей и промерных точек определяется морфологическими особенностями данного рельефа. На बारे промерные профили можно располагать либо параллельно руслу (перед его выходом на взморье), либо веерно расходящимися от устья. В тех случаях, когда на морском крае нет хороших естественных ориентиров, возникает необходимость в их сооружении. Целесообразнее строить вышки, которые могут быть одновременно ориентирами и пунктами для наблюдений за волнением на बारे. Желательно иметь не менее трех ориентиров.

Производят регулярные промерные, геологические (грунтовые съемки) и гидрометрические работы. Требования к промерным и геологическим работам те же, что и к другим работам.

В состав гидрометрических работ входит измерение расхода воды и наносов в створе, расположенном в вершине участка исследований, измерение скорости поверхностного и придонного течений, мутности, цвета и прозрачности в точках, расположенных на профилях нормально к главной струе речного потока и удаленных одна от другой на одну пятую часть общей длины баровой отмели. Причем гидрометрический профиль выполняется также у окончания короткой устьевой косы (ее надводной части). Точки наблюдений или вертикали размещают таким образом, чтобы были равномерно освещены все наиболее характерные формы образований подводного рельефа и структура скоростного поля потока на данном профиле.

При резком свале глубин дополнительно наблюдают скорости течения и мутность по продольному профилю вдоль основной струи потока. При этом вертикали располагают последовательно по одной на речном склоне отмели, гребне бара, в средней части морского склона и у мористой подошвы свала. Для наблюдения за перемещением вдольберегового потока наносов можно применять окрашенный люминофорами песок.

Цикл наблюдений приурочивают к различным фазам стока. С целью выявления влияния штормовых условий на динамику бара сразу же по прекращении шторма производят детальные промерные работы морской части исследуемого района.

Наблюдения за характером изменений рельефа дна морского побережья, прилегающего с обеих сторон к бару, сводятся к

детальным промерам до глубины затухания волнового воздействия на дно и нивелировки пляжа до отметки наивысших волновых заплесков.

Обязательны промеры после сильных штормов. Когда в плановом очертании и в морфологии надводной части района в результате шторма возникли заметные изменения, производят планово-высотную съемку бара.

Частоту циклов наблюдений по всему участку определяют, исходя из интенсивности изменений морфологических образований и возможности установления последовательности формирования основных форм донного рельефа.

Наблюдения за динамикой морского края дельты и дна устьевого взморья. В задачу таких наблюдений входит выявление общих закономерностей формирования наиболее характерных морфологических образований и влияния на этот процесс внешних факторов.

Наиболее приемлемым для этих целей, как и при исследовании руслового процесса, оказывается гидролого-морфологический анализ, для которого пригодны крупномасштабные топографические, гидрографические, аэрофотосъемочные, геолого-геоморфологические и другие материалы, позволяющие выявить характер взаимного расположения и развития тех или иных морфологических образований (конусов выноса, баровых отмелей, кос, подводных валов, бороздим и т. п.).

Для изучения донного рельефа взморья в основном используют промерные работы с отбором образцов грунта. В отличие от обычных гидрографических промеров глубины для морфологического анализа измеряют с большей плотностью промерных точек, достаточной для выявления относительно мелких морфологических образований

(подводных валов, бороздин и т. п.). Длину промерных разрезов (от уреза в сторону моря) ограничивают глубиной, на которой затихает воздействие волнения на дно.

Для съемки прибрежной полосы необходима прокладка базиса, закрепленного реперами. Во всех случаях следует стремиться привязать базис к государственной нивелирной и триангуляционной сети. Когда это невозможно сделать, создают собственную систему координат и высот на длительный период наблюдений.

Наблюдения, связанные с исследованием заносимости каналов. Обычно участок наблюдений определяет организация, эксплуатирующая канал. Весьма важно произвести районирование канала по генезису заносимое™ (речная, смешанная, морская). Границы между этими районами определяются несколькими способами: 1) по литологическому составу наносов в канале, 2) по характеру отложения слоя наносов, который различен для продольной и боковой заносимости,

3) по результатам изучения движения наносов способом меченых песков.

Рабочий план исследований станция составляет совместно с изыскательской группой, изучающей заносимость самого канала. Все внимание гидрологов должно быть уделено изучению волнения, течений, наносов и ветра с целью определения основных характеристик движения наносов.

Наблюдения над наносами желательно вести различными методами, чтобы путем сравнения получить более достоверные результаты.

В результате обработки и сравнения материалов промеров глубин получают величину заносимости. На основании данных о

движении наносов с забровочных пространств и из устьевого рукава, карт грунтов (наносов) канала исследуют процесс отложения наносов в различных участках капала. Если выясняется, что канал заносится главным образом илом, то нет смысла продолжать исследования по способу меченых песков, а целесообразно расширить гидробатиметрические исследования и съемки течений, прозрачности и мутности воды. При заносимости канала исключительно песком надо расширить исследования по способу меченых песков и другие исследования донных наносов.

11 Уровень

10.1 Общие сведения

Изменения уровня в устьевых областях рек представляют собой сложный процесс, обусловленный режимом уровня моря и реки. Колебания уровня интегрально учитывают изменения стока воды, поступающего в устьевую область, его распределение по рукавам, водообмен различных водоемов, русловые деформации, приливные и сгонно-нагонные явления и т. и. Режим уровня дельтовых рукавов может обладать специфическими чертами, зависящими от процессов заливания дельты, заборов йоды на орошение и т. д.

Изучение режима уровня устьевых областей рек имеет значение для рыбного хозяйства, водного транспорта, городского, промышленного и сельского строительства, мелиорации дельт и т. д.

В зависимости от соотношения режимов уровня реки и моря можно типизировать устьевые области и представить типизацию в виде схемы (рис. 21). В первую очередь выделяют следующие девять типов уровня режима устьевых областей: 1) с весенним половодьем и сгонно-нагонными колебаниями уровня, 2) с весенним половодьем, сгонно-нагонными и приливными колебаниями уровня, 3) с весенним половодьем и приливными колебаниями уровня, 4) с половодьем в теплую часть года и сгонно-нагонными колебаниями, 5) с половодьем в теплую часть года, сгонно-нагонными и приливными колебаниями, 6) с половодьем в теплую часть года и приливными колебаниями, 7) с паводками и сгонно-нагонными колебаниями, 8) с паводками, сгонно-нагонными и приливными колебаниями, 9) с паводками и приливными колебаниями.

Тип устьевой области по характеру внутригодовых колебаний уровня может быть установлен по данным исследований колебаний

уровня в вершине дельты и на приустьевом пространстве моря. При классификации типов устьевых областей не были учтены сезонные колебания уровня моря и сгонно-нагонные режимы зональной и муссонной циркуляции [17]. Режим зональной циркуляции характеризуется постепенным понижением уровня от зимы к лету, минимумом в весенне-летнее время и повышением уровня к зиме. Режим муссонной циркуляции носит обратный характер, и колебания уровня моря имеют большую амплитуду.

Сгонно-нагонному режиму муссонной циркуляции подвержены устья рек с весенним половодьем и половодьем в теплую часть года (побережье Черного и Азовского морей), а также устья рек, стекающих с Сихотэ-Алинского хребта (побережье Японского моря). Устья рек, впадающих в Балтийское море, подвержены сгонно-нагонному режиму, обусловленному зональной западно-восточной циркуляцией. Сезонные колебания уровня всех замкнутых морей (Каспийское и Аральское) и многих внутренних морей (Азовское и Белое) связаны в значительной мере с сезонными изменениями их водного баланса, которые определяются в основном колебаниями стока.

11.2 Основные вопросы режима и методы исследований устьев без приливов и сгонно-нагонных колебаний

К общим вопросам исследования уровенного режима относятся суточные, внутригодовые и многолетние колебания. Для нужд гидротехнического строительства необходимо специальное изучение колебаний максимальных и минимальных уровней, а также приливных и сгонно-нагонных колебаний. В отдельных случаях исследуются процессы, связанные с изменением уровня на больших пространствах (изменение продольного профиля водной поверхности, процессов заливания и затопления дельт и пр.). Колебания уровня, обусловленные тектоническими движениями (кажущимися вековыми в

результате поднятия, опускания или смещения земной коры), обычно невелики; литература по этим вопросам бедна, поэтому в последующем изложении они не рассматриваются.

Суточный ход уровня открытой части устьевого взморья в неприливых устьях в основном определяется изменчивостью скорости ветра и бризовон циркуляцией. Эти колебания имеют хорошо выраженный сезонный ход. Суточный ход вследствие неравномерности ветра одного и того же направления можно исследовать, исходя из анализа синоптических процессов или анализа суммарного суточного хода уровня. Для анализа влияния бризовой циркуляции на уровень режим в течение года или нескольких лет по данным наблюдению выбирают достаточно длительные периоды с антициклонической погодой. Затем составляют таблицы ежечасных высот уровня, сравнимые по сезонам и годам. Для сравнения выбирают обычно сутки с наиболее четко выраженным бризовым ходом уровня или периоды одинаковой длительности за разные сезоны или годы.

На морском крае и в дельтах некоторых рек выделяют суточный ход уровня, обусловленный искусственным суточным регулированием стока. Наибольшее влияние на суточный ход оказывают плотины гидроэлектростанций, заметно также влияние водозаборных сооружений крупных оросительных систем.

При исследовании суточных колебаний уровня в приливых устьях следует прежде всего в самом грубом приближении выделять приливные и неприливные колебания. Последние выделить особенно трудно, так как они могут наблюдаться в течение нескольких суток.

Для исследования внутригодовых колебаний уровня строят хронологические и комплексные графики хода уровня [25], совмещенные для системы рукава или взморья или для всей устьевой

области. Можно отдельно рассматривать годовой ход средних, максимальных и минимальных уровней. Графики и таблицы служат исходными материалами для исследования связей уровней с определяющими их факторами и колебаний уровня в различных районах устьевого области. Особое внимание уделяют количественной оценке деформации волны половодья в дельте и влиянию различного рода гидротехнических сооружений и изменений гидрографической сети на уровенный режим.

Во внутригодовом ходе уровня в отдельных случаях выделяются колебания, связанные с влиянием местных факторов. Они складываются из изменений уровня, вызванных регулирующей ролью дельты, естественным и искусственным удлиннением рукавов, а также искусственным их обвалованием. Наиболее существенную роль играет регулирующее влияние дельты.

Многолетние колебания уровня характеризуются сменой лет (циклов) с относительно высокими и низкими среднегодовыми, максимальными и минимальными за год уровнями (рис. 22). Обычно анализируют внутригодовой ход уровня за расчетный ряд, для чего строят графики годового хода уровня по средне- декадным или среднемесячным величинам или по скользящим пяти- и десятилетиям (одиннадцатилетиям), и исследуют вопрос о факторах, обуславливающих многолетние колебания уровня. При наличии гидротехнических сооружений можно сравнивать сезонные и многолетние колебания уровня до и после ввода в строй сооружений.

Исследованию подлежат следующие вопросы: 1) уровень в вершине устьевого области, 2) уровень устьевого взморья и предустьевого пространства моря, 3) уровень дельты или устьевого участка реки, 4) уклоны водной поверхности в дельте и на взморье, 5)

колебания уровня в различных водоемах устьевой области, б) затопление и заливание дельты.

11.2.1 Уровень в вершине устьевой области. Колебания уровня в вершине устьевой области изучают по возможности наиболее подробно по данным наблюдений в вершине дельты или на нижнем конце приустьевого участка реки. Сезонные колебания уровня определяются здесь главным образом характером внутригодового хода уровня реки, весенним половодьем, половодьем в теплую часть года и паводками.

Если сток реки невелик, а сезонные колебания уровня на взморье значительны, то на ход сезонных колебаний уровня в вершине дельты могут сильно влиять сезонные колебания уровня взморья. ,

Непериодические колебания уровня в вершине устьевой области связаны, как правило, со сгонами и нагонами, с прохождением паводков, русловыми процессами, процессами, вызываемыми делением реки на рукава, заторно-зажорными явлениями, регулированием стока, выправительными работами и т. п.

В устьях рек с небольшим расходом воды и значительными приливами режим уровня в вершине устьевой области определяется приливо-отливными явлениями.

11.2.2 Уровень устьевого взморья и предустьевого пространства моря. Колебания уровня в этом районе изучают по материалам наблюдений в первую очередь на границе устьевого взморья и предустьевого пространства моря и желательно вне пределов непосредственного гидродинамического влияния реки. Сложность режима уровня здесь определяется прежде всего величиной приливо-

отливных колебании, а если они незначительны, то величинами сгонно-нагонных, сезонных, бризовых и сейшевых колебаний.

Сезонный ход уровня может быть различным в зависимости от условий зональной или муссонной циркуляции, а также в зависимости от величины и распределения стока воды реки по сезонам и от удаленности пункта наблюдения от морского края дельты. На устьевом взморье приливные и сгонно-нагонные колебания уровня вследствие влияния морфометрических особенностей взморья весьма существенно изменяются. Амплитуда сейшевых колебаний затухает с течением времени. Их исследование может представлять самостоятельный интерес, если они достаточно велики.

В отдельных случаях (если нет приливов) заметны бризовые колебания уровня. При развитой бризовой циркуляции максимум уровня наблюдается в дневное время, а минимум—в ночное. Четко выраженный суточный ход бризовых колебаний уровня может иметь разный характер в зависимости от метеорологических условий.

11.2.3 Уровень дельты или устьевого участка реки. В дельте режим колебания уровня на различных водных объектах различен. Изменения уроненного режима водных объектов дельты от ее вершины до морского края в самых общих чертах характеризуют постепенный переход от режима, близкого к речному, к режиму, характерному для устьевого взморья. Амплитуда приливо-отливных и величина сгонно-нагонных колебаний уровня уменьшаются к вершине устьевой области. Заливание и затопление дельты вызывают распластывание волны половодья (уменьшение величины колебаний уровня) и отдельных паводков и уменьшение стоковой составляющей уровня к морскому краю дельты.

Для дельты характерны русловые процессы, проявляющиеся наиболее интенсивно на разветвлениях рукавов и при выходе рукавов на взморье. Интенсивность и общее направление русловых деформаций на разветвлениях обуславливаются состоянием продольного профиля рукавов. В некоторых дельтах выдвигание и отмирание одного или целой системы рукавов часто приводит к образованию прорывов, носящих катастрофический характер. При этом в прорыв может уйти весь сток или его большая часть. В этих случаях уровень режим значительно изменяется. Если рукав или система рукавов отмирает, то уровень выше разветвления в общем повышается (если нет рукава, развитие которого компенсирует отмирание старого рукава), если же они активизируются, то уровень выше разветвления в общем понижается. Русловые деформации, как и морфологические особенности выходных участков рукавов, оказывают наибольшее влияние на уровень режим в период половодья, во время прохождения паводков, сильных нагонов и приливов. Значительное влияние на режим уровня оказывают заторно-зажорные явления.

11.2.4 Уклоны водной поверхности в дельте и на устьевом взморье. при различных фазах режима Уклоны изучают обычно путем анализа данных всей сети водомерных и уклонных постов. Для объяснения многих гидрологических процессов необходимы мгновенные или фазово-однородные продольные и поперечные профили водной поверхности Рукава, лимана, залива и т. п. Часто состояние водной поверхности картируется. Как правило, в этих случаях пользуются данными сети постоянных и временных водомерных постов.

11.2.5 Колебания уровня в различных водоемах устьевой области. Эти колебания зависят от водообмена с рукавами дельты

или с открытой частью устьевого взморья (залива, лимана), а также от величины осадков, испарения и транспирации, прихода и расхода грунтовых вод. Уровенный режим внутридельтовых озер, ильменей, полоев и других водоемов, не связанных непосредственно с устьевым взморьем, определяется в основном степенью их проточности.

На уровенный режим всех водоемов большое влияние оказывает ветер. Сгонно-нагонные колебания уровня усиливают процессы водообмена. Если лиман или залив соединен с морем достаточно узким проливом, то разность уровня по ту и другую сторону пролива определяет уклон водной поверхности, а значит и скорости движения водных масс.

Взаимный водообмен многих внутридельтовых водоемов (полоев и ильменей), слабо связанных с рекой и морем, в основном определяется ветром.

11.2.6 Затопление и заливание дельт. Заливание - это заполнение депрессий дельты водами половодья. Заливание - один из видов затопления, которое может происходить в результате нерегулярных паводков, поднятия уровня моря или нагонов или в результате катастрофических явлений - прорывов береговых валов, плотин или искусственных нерегулярных попусков.

Величина возможного заливания зон, расположенных близко к исходному водомерному посту, не отличается от величины максимально возможного заливания. Однако для больших дельт относительная величина заливания с удалением от пункта наблюдений уровня в силу трансформации волны половодья все больше и больше уменьшается.

Величина площади действительного заливания зависит от имеющейся водопроводящей сети и от состояния продольного профиля водной поверхности водотоков.

11.3 Сгонно-нагонные колебания уровня

Эти колебания уровня изучаются во взаимосвязи с факторами их вызывающими. Для этого на всей сети ведутся комплексные гидрометеорологические наблюдения. Опорные вековые посты оборудуют анеморумбографами и самописцами уровня. Все остальные посты ведут учащенные наблюдения обязательно при ветре более 8 м/сек, который вызывает почти во всех устьях существенные колебания уровня. В некоторых устьях такие наблюдения необходимо начинать уже при ветре более 5 м/сек.

При анализе особое внимание уделяют наиболее эффективным (дающим наибольшие приращения уровня) направлениям ветра, связывают состояние уровенной поверхности (в отдельных точках или районах) с синоптическими ситуациями. Для исследования процесса деформации волны нагона в устьевой области необходимо привлекать данные наблюдений за ветром и давлением.

К наиболее трудным вопросам исследования сгонно-нагонных колебаний уровня в устьевых областях относится выделение составляющей сгонно-нагонных колебаний уровня из суммарных и установление величины уровня, от которого следует отсчитывать высоту сгона и нагона. Величину сгонно-нагонных колебаний уровня для устьевых участков рек можно отсчитывать от уровней, обусловленных только прохождением стока воды.

В приливных устьях непериодические колебания уровня получают путем вычитания из ежечасных значений наблюденного уровня его значений, предвычисленных методом гармонического

анализа. При отсутствии надежно предвычисленных данных пользуются способом 24-часового скользящего сглаживания.

11.4 Приливные колебания уровня

11.4.1 Основные вопросы режима.

Приливно́я волна проникает в устье на значительное расстояние (морской участок реки), которое меняется в зависимости от фазы прилива, изменений стока, влияния сгонно-нагонных явлений, наличия ледяного покрова, русловых деформаций. Действуя постоянно и периодически, приливы создают на морском участке реки целый ряд особенностей гидрологического режима, существенно отличающие эти устья от устьев рек, впадающих в бесприливные моря. С проникновением в устье приливной волны связано также изменение направления и скорости течения, поступление в устье соленых морских вод и целый ряд физических и биохимических процессов.

На основе специальных наблюдений и анализа гидрометеорологического режима устьевой области можно предсказывать количественные характеристики элементов приливов и те изменения, которые могут произойти в результате русловых деформаций и строительства гидротехнических сооружений.

Приходящие в устье реки приливные волны могут быть поступательными или стоячими. Наиболее распространенным является случай поступательной приливной волны, когда приливные колебания уровня реки в различных точках морского участка находятся в разной фазе. Сравнительно редко наблюдаются стоячие приливные волны. Приливные колебания происходят в этом случае почти в одной фазе (т. е. одновременно) на всем морском участке реки. Стоячие приливные волны возникают в случае приглубого взморья, например, в устьях Поноя в Белом море, в устье Лагуны в

Охотском море и др.. При наличии мелководья перед входом в устье стоячие приливные волны преобразуются в поступательные.

Процесс распространения приливной волны вверх по морскому участку начинается с момента перехода у морского края от малой воды к подъему. По мере продвижения волны вверх по реке профиль ее постепенно искажается, а скорость распространения и величина прилива уменьшаются. Уклон дна, уменьшение глубины и влияние речного стока создают различие в скорости распространения гребня и подошвы приливной волны. Следовательно, по мере распространения волны вверх по реке расстояние между ее гребнем и подошвой предшествующей волны постепенно уменьшается, и время падения уровня значительно превосходит время его подъема. В пределе, когда время роста близко к нулю, образуется бор (или маскарэ). Критерием возникновения бора является соизмеримость скоростей приливо-отливных течений со скоростью распространения приливной волны.

Существует различие между характером приливных колебаний уровня в море и на морском участке реки. В море эти колебания происходят относительно среднего уровня моря, и самые низкие уровни малых вод наблюдаются в сизигии. Нижняя часть морского участка, близкая к устью, находится в основном под влиянием моря и характер приливных колебаний здесь аналогичен морскому. Во всяком устье существует так называемая характеристическая точка, выше которой влияние моря практически не сказывается, и приливные колебания происходят относительно стокового уровня. Следовательно, выше характеристической точки доминирующее влияние имеет речной сток и от его изменчивости (а не от астрономических причин) зависят уровни малых вод. С увеличением стока уменьшается величина прилива и поднимается тот уровень, относительно которого совершаются приливные колебания. В ряде

устьев в период весеннего половодья приливы, как правило, исчезают совсем.

Влияние ледяного покрова на приливы сказывается в уменьшении величин прилива, уменьшении скорости распространения приливной волны, увеличении полуамплитуд суточных волн за счет волн меньших периодов.

К основным вопросам исследований относятся:

- 1) выделение приливо-отливных колебаний уровня из суммарных (выделение стоковой и сгонно-нагонной составляющей);
- 2) предвычисление и расчет основных характеристик приливов;
- 3) установление протяженности морского участка реки и ее изменчивости;
- 4) определение нуля глубин навигационных карт.

Для решения ряда практических задач, связанных с гидротехническим строительством, приходится разрабатывать методы расчета максимальных и минимальных уровней и их обеспеченности.

11.4.2 Выделение приливо-отливных колебаний уровня из суммарных. В устьевых областях рек вследствие влияния речного стока и стонов и нагонов уровень воды в любой момент времени представляет собой сумму приливной и непериодической составляющей, отражающей влияние стока, стонов и нагонов.

11.4.3 Предвычисление и расчет основных характеристик приливов. Применение основных методов для предвычисления и расчета приливов (метод гармонического анализа и метод сравнения) к устьевым областям дает значительные погрешности. Эти методы можно применять для районов устьевого взморья и близких к

морскому краю районов дельты (или эстуария), где они дают вполне удовлетворительные для практики результаты.

При достаточно густой сети водомерных постов, обеспечивающих непрерывную запись уровня, можно получить характерные профили водной поверхности в прилив по всей протяженности морского участка для различных астрономических условий и различных расходов воды.

11.4.4 Организация наблюдений над уровнем в приливных устьях. Данные для расчета элементов прилива, а также для водохозяйственных и других расчетов, будут надежными только в том случае, когда на акватории устьевой области и в районе проектируемых сооружений есть необходимое количество водомерных постов и непрерывная запись хода уровня с охватом характерных астрономических и гидрометеорологических условий.

В приливных устьях необходимо иметь три реперных водомерных поста: у морского края дельты (или эстуария), в вершине дельты и на верхней границе морского участка. Временные водомерные посты располагают в каждом из основных рукавов и протоков устьевой области.

После года работы устьевой станции в результате обработки и анализа годичного цикла наблюдений устанавливают коррелятивную связь между уровнями на отдельных постах и определяют форму водной поверхности для различных фаз режима. Эти данные позволяют выяснить необходимость сооружения дополнительных и изменения местоположения существующих водомерных постов. Окончательную схему размещения постоянных и временных постов определяют через два-три года работы Устьевой станции, когда будет достаточно верно установлена репрезентативность каждого

водомерного поста. В широких рукавах и эстуариях нередко существует различие между элементами прилива на противоположных берегах. В таких случаях нужно открыть временные посты у обоих берегов для освещения характерных астрономических и гидрометеорологических условий.

В отдельных случаях для исследования деформации приливных волн проводят дополнительные наблюдения за уровнем, особенно в местах резкого изменения морфометрических характеристик рукавов или при значительном изменении этих характеристик во времени.

11.5 Методы наблюдений

Для исследования режима уровней в каждой устьевой области организуют, как правило, три опорных вековых или реперных поста, а также постоянные и временные водомерные посты.

Опорные или реперные посты размещают в вершине дельты или в нижней части приустьевого участка реки (вне заметного влияния моря), на границе устьевого взморья и предустьевого пространства моря (вне пределов заметного гидродинамического влияния речного стока) и на морском крае дельты или при выходе однорукавного устья.

Место расположения опорного поста в вершине дельты выбирают в соответствии с Наставлениями и с обязательным учетом тектонической структуры района, его инженерно-геологических условий. Пункт оборудуют самописцем и футштоком, основным и контрольным реперами. В районе опорного пункта в дельте располагают опорный гидроствор и два уклонных поста. В отдельных случаях, когда русло реки подвержено сильной деформации, один из уклонных постов рекомендуется оборудовать капитально и в характерные периоды производить на нем наблюдения параллельно с наблюдениями на основном водомерном посту.

На реках с весенним половодьем и половодьем в теплую часть года на опорном пункте в вершине дельты достаточно обеспечить двухсрочные наблюдения с обязательной установкой максимальной и минимальной реек. Во всех остальных случаях посты оборудуют самописцами уровня. При капитальной установке самописца на опорном пункте следует учитывать возможное влияние льда на сооружение и влияние большой мутности вод [11] на заносимость колодца и подводящего канала или трубы.

Место расположения опорного пункта на границе устьевого взморья и предустьевого пространства моря выбирают в соответствии с Наставлением [25] и с возможными условиями для сооружения капитальной установки самописца уровня. Во многих случаях (при наличии берега ветровой осушки, осыхания вследствие опускания уровня моря и т. п.) рекомендуется устраивать опорные пункты на островах или маяках, если возможна достаточно точная планово-высотная его привязка. Тип самописца уровня моря определяется амплитудой колебания уровня и местными условиями.

Организация, размещение и оборудование сети постоянных уровенных постов подчиняется задаче полного отражения гидрологического режима основных гидрографических объектов при минимальном количестве пунктов наблюдений. При этом учитывают также морфологию, индивидуальные особенности развития гидрографической сети дельты, хозяйственную заинтересованность и т. п.

При наличии не менее годового цикла наблюдений необходимо установить коррелятивную связь между уровнями на отдельных постах и определить формы водной поверхности для различных фаз режима. Это позволит выяснить необходимость сооружения добавочных временных или необходимость изменения

местоположения существующих постов с тем, чтобы более точно установить место перегиба продольного профиля водной поверхности.

В дельтах, имеющих крупные рукава, размещение стационарных постов желательно приурочивать к крупным разветвлениям, располагая их в некотором удалении от места разветвления.

Требования к оборудованию и установке постоянных уровенных постов предъявляются такие же, как и к опорным пунктам, с той лишь разницей, что все делается менее капитально. К месту положения постоянных и опорных уровенных постов должны быть приурочены гидростворы, здесь же следует производить комплексные гидрометеорологические наблюдения. Это поможет выявить связь уровенного режима устьевой области с факторами, которые его обуславливают, и позволит, исходя из знания уровенного режима устьевой области, объяснить другие гидрологические явления.

На всех постоянных постах, расположенных на участках, подверженных сгонно-нагонным или приливным колебаниям уровня, устанавливаются самописцы. Если невозможно установить самописец, то на посту обеспечиваются как минимум четырехсрочные наблюдения с обязательной регистрацией уровня по максимальной и минимальной рейкам. На постоянных постах, на участках, не подверженных сгонно-нагонным или приливным явлениям, организуют стандартные двухсрочные наблюдения и дополнительные наблюдения по максимальной и минимальной рейкам.

К оборудованию постоянных постов и методике наблюдений на участках русла с непродолжительными паводками или регулируемым (попуски в нижний бьеф ГЭС) суточным режимом стока

предъявляются те же требования, что и к оборудованию опорных постов с соответствующим режимом стока.

При исследовании заливаемости дельты устанавливают временные посты в различных депрессиях дельты, вдоль поперечных профилей или по площади на отдельно выбранных массивах.

При специальных исследованиях отдельных, наиболее важных элементов гидрологического режима (заторно-зажорные явления, влияние рельефа дна взморья и контуров морского края дельты на сгонно-нагонные и приливные колебания уровня и т. п.) возникает необходимость в организации более густой сети временных водомерных постов. Размещение и методика наблюдений на таких постах определяются специально разработанной программой в зависимости от поставленных целей и конкретных морфологических особенностей исследуемого участка.

12 Течения на устьевом взморье

12.1 Общие сведения

Изучение режима течений — одна из основных и наиболее сложных задач исследования гидрологии устьевого взморья. Режимом течений на взморье в значительной степени определяются режим солености воды, транспортировка и отложение наносов, температура и прозрачность воды, перемещение планктона и гидрохимический режим, формирование рельефа взморья и отчасти ледовый режим.

Характеристику течений необходимо знать для изучения теплового и солевого баланса отдельных районов моря или взморья, дрейфа льда, а также загрязнения вод.

Циркуляция вод на устьевом взморье определяется в основном влиянием речного стока, ветра и атмосферного давления, приводящих к своеобразному колебанию уровня и изменению уклонов водной поверхности. В зоне смешения речной и морской вод на течения оказывают влияние вертикальные градиенты плотности воды. На морях с приливами режим течений на взморье, кроме этих факторов, в значительной степени определяется приливо-отливными явлениями. Таким образом, течения в каждом отдельном районе взморья определяются суммарным воздействием всех перечисленных факторов.

Устьевое взморье имеет свои специфические особенности:

1) наличие составляющей стокового течения, 2) влияние берега на направление и скорость течения и возникновение градиентных течений, 3) влияние рельефа дна (значительное трение о дно, ничтожная роль силы Кориолиса), 4) большая мутность воды и

наличие водной растительности и 5) как правило, кратковременность и малая инерционность течений.

Эти особенности имеют большое значение для выбора методики исследования изучаемого района (мелководья, залива, открытого участка, пролива). На мелководном взморье, в проливах, возрастает роль сгонно-нагонных явлений, во многом определяющих режим течений. В этих случаях существенную роль приобретают наблюдения над уровнем, проводимые одновременно с наблюдениями над течениями.

При постановке наблюдений над течениями следует иметь четкое представление о том, для чего и как они будут использованы в дальнейшем. В зависимости от этого методы исследования могут существенно различаться. Иногда значительно меняются и требования не только к характеру сведений, но и к их точности.

12.2 Основные вопросы режима

Режим течений характеризуется изменчивостью во времени и пространстве. Различают 1) сезонную изменчивость, обусловленную сезонными изменениями атмосферного давления, ветра, речного стока, плотности воды и т. п., 2) кратковременную изменчивость, обусловленную кратковременными — от нескольких часов до нескольких суток — изменениями ветра и уровня, и 3) «мгновенную» изменчивость (пульсацию), обусловленную турбулентностью потока. Кроме того, различают периодические и непериодические изменения течений.

Режим течений взморья характеризуется существованием так называемого стокового течения, играющего огромную роль в режиме взморья. Стоковое течение вызывается постоянным и обуславливается существованием на взморье уклона водной

поверхности в сторону моря создаваемого речными водами. Скорость стокового течения в основном определяется величиной этого уклона.

Значительные изменения в режим стоковых течений вносит ветер.

Суммарное течение на взморье может включать, кроме стокового, ветровые (дрейфовые), градиентные и плотностные течения.

Ветровые течения развиваются под действием тангенциального давления ветра на водную поверхность. В мелководной прибрежной зоне зависимость течений от ветра имеет крайне сложный характер.

Вызванные действием тангенциальной силы ветра на уровенную поверхность, ветровые и дрейфовые течения при достаточной продолжительности переносят значительные массы воды и обуславливают наклон уровенной поверхности моря. Этот наклон создает некоторый градиент давления, под влиянием которого в море возникают так называемые градиентные течения.

Течения, обусловленные неравномерностью поля плотности, называются плотностными. Поскольку плотностные и стоковые течения обладают значительно меньшей изменчивостью во времени по сравнению с течениями ветровыми, то они могут рассматриваться как течения «постоянные» (сезонные).

В продолжительный штиль, когда отсутствуют анемобарические воздействия на водную поверхность моря, на взморье действуют только «постоянные» течения — стоковые и плотностные, а в приливных морях на эти течения накладываются еще и приливно-отливные течения.

К периодическим следует отнести приливные, сейшевые и бризовые течения. Хотя факторы, вызывающие сейшевые и бризовые течения непериодические, сами течения по своему характеру периодические.

На отмелом взморье можно выделить три основных района преобладания различного рода течений.

1) Район преобладания стокового течения, самый мелководный и прилегающий к морскому краю дельты. Он включает придельтовые отмели бара, фарватеры, култуки и проточные лиманы.

2) Район стоково-ветровых течений, располагающийся мористее первого и включающий свал глубин. Суммарное течение здесь представляет геометрическую сумму ветрового и стокового течений. В штиль преобладают стоковые течения, а в период действия ветра — ветровые. При сгонах и нагонах возникает придонное компенсационное противотечение. В это время создаются условия для формирования слоев скачка солености и температуры воды (плотности) на горизонте, который служит границей, отделяющей поверхностный поток ветрового течения от придонного потока компенсационного течения.

В этом районе нейтральные ветры, а также ветры нагонного направления обуславливают схождение стокового и ветрового течений. Как правило, он является переходным от района взморья с преобладающим влиянием реки к району с преобладающим влиянием моря.

3) Район преобладания ветровых, а в штиль — остаточных течений. Он включает мористую часть взморья и предустьевое пространство моря. Стоковые течения даже в длительный штиль здесь проследить трудно.

12.3 Методы исследований и наблюдений

12.3.1 Методы исследований

При организации исследования течений на устьевом взморье можно выделить следующие районы: 1) речной бар, 2) бороздины или каналы, 3) межбороздинное пространство взморья, т. е. отмели, 4) центральный район и 5) предустьевое пространство моря.

Различают три основных вида постановки исследования течений. Первый вид — изучение течений на разрезе (распределения течений вдоль бороздины и канала по мере удаления от берега, водообмена между отдельными районами взморья и др.). Выполнение этого вида работ позволяет получить распределение течений вдоль разреза в определенный момент времени.

Второй вид — съемка течений, дающая пространственное распределение течений при определенных условиях.

Третий вид — систематические наблюдения в одном пункте в продолжение длительного времени (многосуточные станции) с целью исследования процесса изменения течений и установления связи этих изменений с другими гидрометеорологическими элементами.

Все эти три вида на практике можно применять каждый самостоятельно или в сочетании друг с другом (например, разрез и многосуточная станция синхронно).

Разрезы для изучения течений на взморье могут быть двух видов: опорными (стандартными), которые выполняются ежегодно и неоднократно в течение ряда лет, и временными (тематическими), которые выполняются всего один или несколько раз и служат для дополнения или уточнения данных, полученных на основных стандартных разрезах.

Вблизи морского края дельты стандартные разрезы намечают по направлению стокового течения по основным фарватерам (каналам, бороздинам) взморья. Эти разрезы нужны для определения затухания скорости стокового течения в штиль, а также при различных скоростях и направлениях ветра. На приглубом взморье, где фарватера может и не быть, разрезы совпадают с направлением стокового течения в штиль и чаще всего перпендикулярны морскому краю дельты или береговой черте.

На отмелях (забровочном пространстве) часть из них располагается примерно параллельно бороздинам с целью определения затухания скорости стокового течения на взморье между устьями рукавов дельты, а часть — параллельно морскому краю устья, пересекая фарватеры под прямым углом с целью выявления неравномерности распределения стокового течения по ширине взморья.

Устьевое взморье и мелководные прибрежные районы моря отличаются от остальных районов моря большими и относительно быстрыми изменениями течений во времени. Большую роль в этих изменениях играют колебания уровня, которые значительны в данных районах. Нельзя изучить режим течений на взморье, не уделив основного внимания исследованию изменчивости течений во времени и установлению зависимости этих изменений от гидрометеорологических факторов. Для этого наиболее целесообразно применять метод многосуточных (многосерийных) станций, перемещая их местоположение по акватории взморья.

Метод многосуточных наблюдений имеет большие преимущества перед всеми остальными. Он позволяет 1) осветить такие особенности режима, которые могут быть упущены при разовых наблюдениях, 2) изучить течения в более короткий срок, 3) при

выполнении многосуточных наблюдений в нескольких точках сопоставить режим течений, наблюдаемый в разных районах, и 4) подойти к расчету и прогнозу течений.

Наиболее доступно и целесообразно для устьевых станций и ГМО изучение течений посредством выполнения многосуточных (многосерийных) станций с экспедиционных судов с одновременной постановкой автономных самописцев течений в тех районах, где позволяют условия. Многосуточные станции должны быть комплексными. На этих станциях, кроме наблюдений над течениями, производят наблюдения над соленостью, температурой, мутностью воды, а также метеорологические наблюдения. По мере выявления основных закономерностей режима течений района станции многосуточную станцию переносят в другой район. Рекомендуется выполнять синхронно несколько многосуточных станций с двух-трех судов в нескольких точках взморья освещая режим течений не только во времени, но и в пространстве. Желательно также одновременное выполнение на двух-трех судах одной-двух многосуточных станций и разрезов или съемок течений между ними.

12.3.2 Исследования течений в приливных устьях

Исследование течений в приливных устьях отличается целым рядом специфических особенностей как в постановке, так и в обработке и анализе данных. Если для изучения непериодических течений (в бесприливных устьях) большое значение имеют синхронность, частота и продолжительность наблюдений, необходимость охвата различных сезонов и различных синоптических условий, то в приливных устьях, где существуют периодические течения, требуется строго определенная продолжительность наблюдений (тридцати, пятнадцати, двух, одно- или полусуточной продолжительности).

В устьевых областях приливо-отливные течения могут быть двух типов: возвратно-поступательные или реверсивные (иногда их называют прямолинейными) и вращательные (круговые). В рукавах дельты, на баре и прилегающей к устью части взморья, как правило, наблюдаются реверсивные течения. Этот тип течений характеризуется отсутствием постоянной смены направления течения, которое изменяется скачкообразно на 180° без промежуточных значений. При реверсивном типе течений при смене направления течения на отливное и обратно некоторое время скорость равна нулю. Это явление называется обычно кроткой (стоячей) водой.

Для открытой части устьевого взморья и предустьевого пространства моря характерны течения вращательного типа. В этом случае направление их изменяется, проходя через все румбы компаса, а скорость, изменяясь по величине, не достигает нулевого значения.

Исследование течений в приливных устьях в основном заключается в следующем:

- 1) в выделении из суммарных течений приливо-отливных, в том числе истинных, полусуточных, суточных и в отдельных случаях четвертьсуточных течений; в определении остаточных течений;
- 2) в вычислении гармонических постоянных приливо-отливных течений, предвычислении и расчете их основных характеристик;
- 3) в совместном анализе приливо-отливных колебаний уровня и течений для выяснения кинематики приливных волн, формирующих прилив в устье;
- 4) в определении продолжительности действия одностороннего (речного) течения в период половодья по всему пространству устьевой области;

5) в определении на взморье зоны перехода реверсивных течений во вращательные;

6) в установлении границы распространения вверх по реке приливо-отливных течений и ее изменчивости.

12.3.3 Классификация приливо-отливных течений

Приливо-отливные течения весьма удобно классифицировать на основании вычисленных гармонических постоянных. Истинные приливо-отливные течения, подобно приливо-отливным колебаниям уровня, в зависимости от соотношений между амплитудами приливных волн обычно подразделяются на три типа: полусуточные, суточные и смешанные. Истинные приливо-отливные течения полусуточного типа характеризуются дважды повторяющимся за время лунных суток максимальным приливным и максимальным отливным течением. Истинные приливо-отливные течения суточного типа характеризуются одним максимальным приливным и одним максимальным отливным течением за время лунных суток. Истинные приливо-отливные течения смешанного типа имеют дважды поступающие за время лунных суток максимальное приливное и максимальное отливное течения. Однако скорость первого максимального течения существенно отличается от скорости второго.

12.4 Анализ и обобщение материалов

В итоге обработки и анализа наблюдений над течениями на взморье должны быть

1) выявлены и изучены основные факторы, определяющие режим течений на взморье. Для этого необходимо точно установить сравнимость используемых материалов;

2) выделены районы генетически разнородных течений, т. е. район (преобладания стоковых течений, район стоково-ветровых течений и район ветровых течений);

3) составлена схема стоковых течений в штиль, для периода навигации и для зимнего периода, а та кисе для половодья и межени и для разных фаз изменения уровня;

4) даны схемы стоковых течений устьевого взморья и предустьевого пространства моря для восьми основных румбов ветра;

5) установлен ветровой коэффициент и его зависимость от глубины места, направления ветра, удаленности от берега;

6) выделены границы на взморье, за которыми развивается придонное противотечение при стогах и нагонах, а также найден наиболее вероятный горизонт раздела течений по вертикали;

7) выделены зоны резкого затухания скоростей стокового течения на взморье;

8) найдены зоны схождения стокового и ветрового течения при нагоне (в межень, в половодье);

9) вычислен период установления дрейфового (установившегося) течения для отдельных районов при определенных скоростях и направлениях ветра;

10) определено наличие периодических течений (приливных, бризовых, сейшевых) и их характер;

11) установлена связь между уровнем и течением по наблюдениям на водомерных постах и рейдовых точках (многосуточных станциях, автономных самописцах);

12) установлена зависимость скоростей течения от вертикальных градиентов плотности при прочих равных условиях;

- 13) выявлена роль плотностного течения в суммарном течении;
- 14) установлен суммарный перенос водных масс на взморье за отдельный синоптический период, сезон, навигационный период, год.

13 Соленость воды

13.1 Общие сведения

Соленостью морской воды называется величина, характеризующая общее содержание твердых растворенных веществ в единице веса (1 кг) морской воды при условии, что бром и иод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в окиси, а все органические вещества сожжены. Соленость воды определяет многие физические, химические и биологические свойства воды: плотность, электропроводность, звукопроводность, осмотическое давление, растворимость газов атмосферы, условия существования водных организмов и другие. Резкие кратковременные колебания величины солености иногда вызывают гибель различных моллюсков: пресноводных— в соленой морской воде и морских — в пресной речной воде. От солености воды зависит существование и видовой состав водной растительности в рукавах дельт, лиманах и на взморье. Она же определяет некоторые типы почв дельт, затопляемых при сильных нагонах или в прилив, и величину ветрового выноса солей. Грунтовые воды дельт могут находиться в контакте с морскими водами, что также влияет на величину и характер засоления почв прибрежных районов. В устьях северных рек соленость воды способствует образованию внутриводного (донного) льда при смешении пресных и соленых вод, что следует учитывать при прогнозировании дат появления льда на взморье.

Соленость воды в устьевой области определяется следующими физико-географическими факторами: а) соленостью вод моря, б) величиной стока воды и наносов, в) осадками, г) испарением и др. Основными же динамическими факторами, вызывающими изменения

солёности в отдельных районах устьевой области, могут быть: а) приливо-отливные, стоковые, ветровые и плотностные течения, б) ветровое и конвективное перемешивание, в) сейшевые и бризовые колебания уровня, г) внутренние волны, д) ледовый покров. Кроме этого, большую роль в режиме солёности, особенно в устье с отмелым взморьем, играют глубина и рельеф взморья.

13.2 Основные вопросы режима

При изучении (режима солёности подлежат исследованию следующие вопросы: а) кратковременные изменения солёности воды, б) сезонные изменения солёности, в) межгодовые изменения солёности, г) пространственное распределение солёности и его изменения, д) вертикальное распределение солёности и его изменения.

По дальности проникновения морских вод можно выделить устья, в которых морская солёная вода никогда не проникает в устьевой участок реки (Терек, Волга, Урал и др.), проникает при малых расходах воды (межень) в штиль (Западная Двина и т. д.), проникает при сильных стоках или нагонах (Днепр и др.), проникает в фазу прилива (Северная Двина и др.).

В устьевых областях, где имеются приливо-отливные колебания уровня, солёность воды исследуют в основных районах устьевой области реки, т. е. в дельте или на устьевом участке реки, устьевом взморье, или эстуарии, предустьевом пространстве моря и в водоемах дельты.

При исследовании солёности воды в устьевой области получают обычно следующие характеристики: абсолютную, среднюю и возможные наибольшую и наименьшую величины солёности в различных районах взморья и участков рукавов, а также величину наибольшего и наименьшего распространения пресных и

раапресненных вод на взморье и характеристику проникновения соленых вод в рукава дельты или лиманы.

Для получения указанных выше характеристик иногда проводят комплексные работы по исследованию еще ряда взаимосвязанных элементов гидрологического режима (речного стока уровня, температуры воды, течения, ледовых явлений и метеоэлементов—ветра и осадков и др.), от которых зависит режим солености.

В отличие от открытых районов моря, в некоторых районах устьевого взморья сильно выражены как межгодовые и сезонные изменения солености воды, определяемые главным образом стоком реки, так и кратковременные (от нескольких часов до нескольких суток) колебания ее величины.

Условием существования таких быстрых изменений солености воды являются большие горизонтальные и вертикальные градиенты солености в этих районах, созданные соприкосновением речных и морских вод. Эти изменения в основном вызываются ветром, стоковыми и приливными течениями.

13.3 Методы исследований и наблюдений

13.3.1 Методы исследований

В зависимости от поставленных задач и имеющихся возможностей составляют программу и план исследования солености. Если в устьевой области исследования солености еще не было, то необходимо провести рекогносцировку.

В план рекогносцировочных работ обычно включается выполнение разрезов, съемок и многосуточных станций в различные сезоны и погодные условия. В районах наибольшего изменения глубин (свала глубин), на предполагаемых границах стыка двух

различных течений (например, стокового и ветрового) или резкой границы мутности вертикали учащаются.

Исследования солёности воды должны проводиться с учетом а) сезонов: весеннего (предполоводная межень), периодов половодья (пик), осенней межени, осеннего паводка и ледового периода; б) ветра: штиля, нагонного, сгонного, нейтрального, шторма, до шторма и после шторма; в) прилива: периода полной фазы (например, для полусуточного прилива 14 часов), периода суточного неравенства даже для полусуточных приливов (26—28 часов), периода месячного неравенства (в сизигию и квадратуру). Желательно во все сезоны исследования проводить с учетом типов погоды и фаз прилива.

Программа исследования солёности в устьевой области должна предусматривать одновременные наблюдения на стационарных пунктах устьевого участка и взморья, в рейдовых точках этих пунктов (постоянные суточные вертикали), на суточных вертикалях и разрезах вдоль основных рукавов и их продолжений на взморье.

Если возможности устьевой станции позволяют, то солёность исследуют синхронно в основных рукавах устья. В противном случае исследуют режим солёности каждого рукава, а затем по сокращенной программе проводят наблюдения во всех основных рукавах для выяснения различия в проникновении морских вод в эти рукава при одинаковых гидрометеорологических условиях (фазах прилива, нагонах, сгонах).

Для изучения пространственного распределения солёности на взморье и предустьевом пространстве моря выполняется съемка солёности воды. Она (производится с одного судна за короткий промежуток времени по нескольким разрезам или одновременно (синхронно) с нескольких судов по нескольким разрезам.

Результаты съемки должны отражать все специфические особенности солёности в районе съемки.

Съемки бывают двух типов: 1) синхронные и 2) фазовые (с учетом времени добегания вод). В устьевых областях с приливами съемка солёности производится методом синхронных измерений в ряде створов или точек за приливо-отливную фазу, т. е. в течение 13 и 26 часов.

В устьевых областях без приливов съемку приурочивают к определенным погодным условиям. Время ее определяют на основании прогноза явления (сгона, нагона, штиля).

В зависимости от задач исследований съемку выполняют или только в поверхностном слое или во всей толще воды (на ряде горизонтов). В первом случае температуру воды можно не определять, а во втором случае нужно обязательно совместно с солёностью определять и температуру воды для обнаружения слоя скачка плотности. Такую съемку, как правило, сопровождают наблюдениями над цветом, прозрачностью воды, течениями, ветром, а также учащенными наблюдениями над ветром и уровнем на береговых и островных гидрометеостанциях и постах. Эти наблюдения позволяют выявить зависимость величины солёности от указанных элементов.

Съемку солёности проводят на акватории всего взморья или в отдельных его районах. Это определяется размерами устьевого взморья и степенью кратковременной изменчивости солёности на взморье. При съемке количество точек (станций) на каждом разрезе планируется больше, чем при выполнении одного отдельного разреза. Съемки солёности на устьевом взморье выполняются несколько раз в год (4—6 раз) в зависимости от фазы, стока реки. В предустьевом

пространстве моря съемку следует выполнять два-три раза в год: в предполоводный период, месяц спустя после пика половодья и перед ледоставом.

Режим солености устьевого взморья характеризуется значительными и быстрыми изменениями солености во времени в пункте наблюдения. Отсюда следует, что существующие в океанографической практике методы наблюдений над соленостью в открытом море не всегда целесообразно применять на устьевом взморье.

13.3.2 Методы наблюдений

Стационарные исследования режима солености воды проводят непрерывно и систематически в течение ряда лет. Они позволяют использовать статистический метод обработки полученных данных для изучения многолетнего изменения режима солености определенного района.

Важно правильно выбрать район расположения стационарного пункта в устьевой области и место для взятия проб воды. По возможности это место должно иметь глубину, характерную для района исследования, и не должно быть изолировано от открытой части выбранного района.

Стационарные пункты взятия проб воды на соленость подразделяются на основные (вековые, опорные) и тематические (временные — на 2—3 года). На этих пунктах проводятся круглогодичные или сезонные (например, на период навигации) наблюдения.

Опорные пункты наблюдений над соленостью устанавливаются на морском крае устья, островах и постоянных плавмаяках на взморье или на приморском участке одного из основных рукавов (наиболее

глубокого или имеющего канал на взморье), если клин солености обычно проникает в этот рукав.

Для детализации режима солености на пространстве устьевого участка реки или взморья создают временные (тематические) пункты наблюдений над соленостью, например, выше и ниже по течению рукава от опорного пункта наблюдений. Такие пункты организуют на два-три года для выявления основных особенностей режима солености в районе наблюдений, или только на какой-нибудь сезон (период половодья, межень и др.).

Пробы воды на стационарных пунктах берут обычно с двух горизонтов: поверхности и дна. При значительной разности в величинах солености между поверхностным и придонным горизонтами берут пробу в промежуточном горизонте.

В зимний период подо льдом следует брать пробы также в поверхностном и придонном слоях.

Количество наблюдений над соленостью в сутки зависит от степени изменчивости солености в районе наблюдения. Первоначально число наблюдений в сутки устанавливают по имеющимся экспедиционным или архивным данным об устойчивости солености в районе стационарного пункта, а затем уточняют на основании наблюдений этого пункта. Опыт показал, что чем ближе величина средней солености в пункте наблюдения в обычных условиях к величине солености речной или морокой (для данного моря) воды, тем устойчивее величина солености в этом районе. Если же средняя соленость в пункте наблюдения приближается к половине величины солености моря, то в этом районе возможны частые значительные кратковременные ее изменения.

На стационарном пункте на устьевом участке реки, на котором обычно морская вода отсутствует, наблюдения над соленостью воды следует производить только в период значительных стонов и нагонов. Для этого пункта устанавливают какой-то критический уровень воды (отдельно для межени и половодья), при достижении которого наблюдатель начинает брать пробы на соленость. Пробы берут с поверхности и дна через два—четыре часа до тех пор, пока уровень не перейдет через максимум сгона или нагона. Так как при сильном сгоне вода взморья может проникать (в придонный слой наиболее глубокого рукава в виде компенсационного течения, то следует в основном следить за изменением солености в придонном слое.

Если стационарный пункт расположен в зоне стыка речных и морских вод и обычно соленость в этом районе составляет 40—60% средней солености моря, то пробы воды берут четыре раза в сутки.

Если пункт наблюдения находится в предустьевом пространстве моря или в очень распресненной зоне взморья (соленость обычно равна 80—90 или 5—10% солености моря) и близко не расположена зона наибольших горизонтальных градиентов солености воды, пробы берут один раз в сутки (днем) в обычных условиях и два .раза в сутки при устойчивых продолжительных ветрах свыше пяти баллов.

В устьевых областях, где сильно развиты бризы, пробы воды на соленость на стационарных пунктах следует брать два раза в сутки — утром и вечером, не считая учащенных наблюдений, отмеченных выше. Время взятия .проб воды обычно приурочивается к времени других гидрометеорологических наблюдений.

Когда в рукавах стрежень потока прижимается к одному берегу или при небольшом стоке и впадении рукава в приглубое взморье, морские воды могут проникать в устье не по всей ширине русла, а

только вдоль берега, противоположного тому, к которому ближе осыпотока. В этом случае в русле наблюдается хорошо выраженный поперечный градиент солености. Для исследования отмеченного явления в устьях с приглубым взморьем в межень следует брать несколько вертикалей на поперечном разрезе основного рукава.

Количество сроков взятия проб на соленость на многосуточной станции в первый раз следует определять, исходя из ее расположения и удаленности от устья, а также в зависимости от величины горизонтальных и вертикальных градиентов солености. В дальнейшем вносят коррективы, исходя уже из установленной по наблюдениям величины кратковременной изменчивости солености отдельно для межени и половодья. Обычно в зоне стыка речных и морских вод на отмелем взморье пробы воды на многосуточных станциях следует брать через четыре, а на приглубом — через два часа. При резкой смене гидрометеорологических условий (направления и скорости ветра, уровня, течения) взятие проб воды учащается. В остальных районах взморья и на приустьевом пространстве моря пробы на соленость можно брать через 6—8 часов.

14 Температура воды

14.1 Общие сведения

Режимом температуры воды водоемов называется совокупность периодических (суточных, сезонных, многолетних) и непериодических процессов изменения температуры, протекающих в определенных гидрометеорологических условиях. Поэтому исследования температуры воды в устьевой области, каким бы специальным задачам они ни были подчинены, должны быть тесно увязаны с общим комплексом гидрометеорологических работ в устье.

Температура (наряду с соленостью и содержанием кислорода в воде) определяет условия существования рыб и других животных и растительных организмов в водоеме. С изменением температуры воды меняется ее плотность. Характер ее распределения по глубине показывает степень однородности или неоднородности толщи воды, интенсивности процессов перемешивания. Температура — одна из основных характеристик, позволяющих выделить на взморье речные и морские воды. По данным о температуре рассчитывают теплотеплозапас воды, знание которого необходимо при разработке методов предсказания сроков замерзания и вскрытия водоема (продолжительности навигации). Данные о температуре используются в оперативных целях для обслуживания рыбной промышленности (для нахождения промысловых скоплений рыбы в море).

14.2 Основные вопросы режима

Интерес представляет изучение межгодового, сезонного и суточного хода температуры водных объектов устьевой области, установление величин экстремальных температур и их обеспеченности. Исследованию подлежат в основном следующие вопросы: а) режим температуры воды устьевого участка реки или

дельты, б) режим температуры водоемов дельты и в) режим температуры воды устьевого взморья.

Турбулентный характер речного течения в устье обеспечивает обычно хорошее перемешивание воды и выравнивание ее температуры от поверхности до дна. Температура воды всего речного потока изменяется в соответствии с годовым и суточным изменением количества солнечной радиации.

При приливе и нагоне морская вода может проникать в реку. Она тяжелее речной, поэтому обычно распространяется по дну речного русла. Накануне ледостава морская вода, охлажденная до 1,5 - 1,8° ниже нуля, попадая в рукава, охлаждает грунты дна. Когда во время отлива над охлажденным дном русла протекает речная вода, то придонные слои потока охлаждаются ниже температуры замерзания. Этот процесс может привести к образованию донного льда, который в зависимости от местных условий или уничтожается последующим приливом, или постепенно нарастает.

14.3 Методы исследований и наблюдений

Режим температуры исследуют путем постановки многолетних наблюдений в определенных районах устьевой области. Эти наблюдения производят систематически на постах и эпизодически на рейдовых пунктах и разрезах.

Вопрос о рационализации сети наблюдательных пунктов должен быть предметом постоянной заботы сотрудников устьевой станции. Он решается после рекогносцировочного обследования изучаемого района с учетом не только данных рекогносцировки, но и материалов наблюдений, накопленных в предшествующие годы. В дальнейшем по мере изучения термического режима устьевой области необходимо

продолжать работу по рационализации сети пунктов наблюдений и улучшению методики наблюдений.

Систематические наблюдения за температурой воды следует проводить только на тех водомерных постах, на которых термический режим имеет свои особенности.

На приустьевом участке реки, куда морская вода не проникает ни при приливах, ни при нагонах, речные воды однородны по температуре. Поэтому при решении вопросов, связанных с режимом температуры этого участка (организация и методика наблюдений, приборы, обработка полученного материала и т. п.), следует руководствоваться Наставлением [3].

На устьевом участке реки, где морская вода в прилив проникает в реку, методика наблюдений за температурой имеет свою специфику. В приливных устьях с большой изменчивостью температуры в течение суток на водомерных постах устьевого участка реки необходимы четырехсрочные наблюдения.

Наибольшая изменчивость температуры воды как в пространстве, так и во времени в устьевой области наблюдается на взморье. Кроме суточного и годового хода температуры, здесь происходят также большие и кратковременные (несколько часов) колебания температуры, вызванные сгонно-нагонными явлениями. Поэтому на водомерных постах взморья необходимы четырехсрочные наблюдения, а в периоды сгонов (нагонов) при проведении экспедиционных работ на взморье водомерные посты должны переходить на учащенные наблюдения (через каждые один-два часа).

На приливном взморье, где характеристики вод имеют четко выраженный полусуточный или суточный ход, проведение даже кратковременных (несколько часов) съемок не имеет смысла. В этом

случае выполняют многосерийные станции в характерных районах взморья с одного или нескольких судов.

14.4 Анализ и обобщение материалов

На приливном взморье, где характеристики вод имеют четко выраженный полусуточный или суточный ход, проведение даже кратковременных (несколько часов) съемок не имеет смысла. В этом случае выполняют многосерийные станции в характерных районах взморья с одного или нескольких судов.

Обнаружив слой скачка температуры, определяют его глубину. При наличии термобатиграфа слой скачка определяют с его помощью и дополнительных наблюдений термометрами не проводят. При отсутствии термобатиграфа следует измерять температуру не только на стандартных, но и на дополнительных горизонтах. Дополнительные горизонты надо стремиться расположить таким образом, чтобы они фиксировали температуру на верхней и нижней границах слоя скачка.

Морские приборы, применяемые для наблюдения за температурой воды, а также первичная обработка материала наблюдений описаны в Руководстве [6].

Организация и методика экспедиционных работ по исследованию температуры вод озер дельты не отличается от исследования температуры бесприливногo взморья. В этом случае также необходимо сочетание многосерийных наблюдений на отдельных станциях со съемками в течение всего периода исследуемого явления.

Для пресных озер дельты обычно достаточно двухсрочных наблюдений за температурой на постах и только в периоды с большим суточным ходом температуры (теплое время года) целесообразно переходить на четырехсрочные наблюдения.

Для определения теплового баланса озера необходимо знать изменение его средней температуры за период расчета. Она определяется по данным съемом температуры. В те дни, когда съемки не проводятся, среднюю величину температуры озера рассчитывают по графику связи между температурой воды на постоянной рейдовой вертикали и вычисленной по данным съемом. Для восстановления пропусков в измерении температуры на постоянной вертикали полезны графики связи температуры воды на рейдовой вертикали с температурой на водо-

282

мерных постах. Задача заключается в том, чтобы, по данным систематических прибрежных наблюдений на постах, а также с учетом наблюдений на рейдовых вертикалях и при съемках, рассчитывать теплоты озера в любой период года.

Подробные указания о наблюдениях на озерах, обработке полученных материалов и о использовании приборов изложены в Наставлении [4].

4. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Все материалы экспедиционных наблюдений должны быть обработаны сразу же по окончании работ лицами, которые проводили эти наблюдения. Затем составляют отчет, который включает: 1) описание методики наблюдений, 2) описание метеорологических условий накануне и во время проведения работы, 3) таблицы с основными данными (материалами) наблюдений, 4) графики, разрезы и схемы, 5) краткий анализ полученных материалов и предварительные выводы, 6) предложения о дальнейших работах по изучению данного явления.

Материалы съемки всего взморья или его части оформляются графически в виде схем с изотермами распределения температуры воды для поверхностного и придонного горизонтов.

При наличии слоя скачка температуры целесообразно также построить подобные схемы и для горизонтов выше и ниже слоя скачка. Большой интерес представляет схема глубины залегания и мощности слоя скачка температуры.

15 Ледовые явления

15.1 Общие сведения

В большинстве устьевых областей рек России ледовые явления наблюдаются в течение четырех—шести месяцев. Они ограничивают и затрудняют судоходство, гидротехническое строительство, рыбное хозяйство, водоснабжение. Вызываемые ледовыми явлениями изменения гидродинамических условий приводят к изменению характера водообмена между рекой и морем и между отдельными частями устьевой области. С этим может быть связано перераспределение стока по рукавам дельты, подпорные повышения уровня воды, нарушение водообмена в отдельных частях и т. п.

Из практических задач, решение которых связано с изучением ледовых явлений, наиболее важными и общими являются:

1) продление сроков навигации за счет плаваний в ледовый период, 2) борьба с опасными явлениями, вызываемыми зажорами и заторами льда, 3) разработка мер предохранения от разрушающего действия льда на берега и сооружения, 4) использование льда для переправ, гидротехнического строительства и т. п. Решение всех этих задач требует прежде всего получения основных характеристик, к которым относятся время появления и исчезновения различных форм плавучего и неподвижного льда, толщина льда, скорость и направление движения льда, размеры ледяных полей, физико-механические свойства льда.

Наиболее длительные наблюдения требуются для исследования сроков образования и исчезновения льда, которые от года к году могут существенно меняться, и для разработки методов их расчета. В этих целях исследуют зависимости ледовых явлений от гидрометеорологических условий. При изучении опасных явлений,

вызываемых формированием или перемещением льда, разрабатывают обоснованные рекомендации по борьбе с этими явлениями.

Характер ледовых процессов в устьевых областях определяется прежде всего тепловым балансом воды в осенне-зимний и весенний периоды, который зависит от теплообмена с атмосферой (радиационного и турбулентного) и от адвекции тепла водными - массами. Ход ледовых явлений в устьях зависит также и от величины речного стока. С колебанием стока связано изменение границы взаимодействия речных и морских вод, что сказывается на процессах ледообразования. С повышением стока весной увеличивается механическое воздействие речных вод на ледяной покров устьевого участка реки. Поэтому в условиях зарегулированного стока характер ледовых явлений может существенно изменяться.

15.2 Основные вопросы режима

В зависимости от ежегодной повторяемости и устойчивости ледовых явлений устьевые области рек можно разделить на следующие основные группы:

1) устьевые области с ежегодным устойчивым образованием неподвижного льда (ледяного покрова и припая). Сюда относится большая часть устьевых областей рек России (Енисея, Оби, Лены, Амура, Сев. Двины, Печоры, Невы, Дона и др.);

2) устьевые области с неустойчивым образованием неподвижного льда, наблюдающегося не ежегодно (устье Терека и др.);

3) устьевые области, где ледовые явления наблюдаются, но неподвижный лед не образуется (устье Сулака и др.);

Указанное деление не только отражает основные черты ледового режима устьевых областей, но и степень влияния ледовых явлений на гидрологические процессы и практическую деятельность человека.

Наиболее важное значение имеют исследования ледового режима в устьевых областях первой группы. В отличие от других групп здесь четко выделяются периоды осеннего ледообразования, зимнего развития неподвижного льда (ледостав) и весеннего вскрытия.

В устьевых областях других групп влияние ледовых процессов на гидрологический режим носит более ограниченный характер.

При составлении программы исследований и организации наблюдений в каждой устьевой области необходимо учитывать различия в характере ледовых процессов, протекающих в различных ее частях. Это различие вызывается местными различиями адвекции тепла водных масс, морфологических и гидродинамических условий. Наиболее четко выражены различия между ледовыми процессами на устьевом взморье и на устьевом участке реки.

По своему характеру ледовые процессы и ледовые образования на устьевом взморье мало отличаются от морских. Однако эти процессы развиваются на взморье более интенсивно, чем в смежных прибрежных районах моря. Это выражается в более ранних сроках начала образования и разрушения льда, а также в большем развитии припая. Припай и плавучие льды, которые бывают за его кромкой, препятствуют мореплаванию. В устьевых областях первой группы свободное плавание судов зимой прекращается: зимняя навигация осуществляется с помощью ледоколов. Изучение динамики припая: его образования, развития, деформаций (под воздействием ветра,

приливов, течений) и разрушения весной является одной из основных задач устьевой станции.

Особое внимание следует уделить изучению образования на отмелем взморье ледяных барьеров, препятствующих выходу речных вод в море и проникновению морских вод в реку. Кроме того, они серьезно затрудняют зимние навигации.

Ледовые процессы на устьевом участке реки сходны с речными. Образование и разрушение ледяного покрова часто сопровождается зажорами и заторами. Последние наблюдаются в основном на реках, текущих с юга на север, хотя не исключены и на других реках. С зажорами и заторами льда связаны резкие и значительные подъемы уровня воды, вызывающие наводнения. Различные меры по борьбе с зажорами и заторами не всегда обеспечивают безопасность городов и поселков от наводнений. Поэтому заторы и зажоры изучаются с целью выявления причин и закономерностей их образования и разработки надежных мер борьбы с ними.

В программу работ по изучению заторов и зажоров, кроме специальных наблюдений над ними, должны входить наблюдения над образованием внутриводного льда, ледемерные съемки, авиаразведки в период замерзания и вскрытия.

В число важнейших вопросов изучения ледового режима устьевого участка входят нарастание льда и его разрушение, структура и физико-механические свойства, воздействие льда на берега и гидротехнические сооружения.

На устьевом участке и в дельте в программу работ следует включить вопросы изучения промерзания мелководных рукавов, протоков или их участков и связанное с этим перераспределение стока.

15.3 Методы исследований и наблюдений

Исследования режима ледовых явлений. Основу исследований режима ледовых явлений составляют длительные наблюдения в постоянных пунктах, а также ледовые авиаразведки, маршрутные съемки и др. При организации исследований необходимо учитывать особенности ледовых процессов в каждой устьевой области. Известно, например, что устьевые области рек, текущих с юга на север, вскрываются под механическим и тепловым воздействием волны весеннего половодья. В пределах устьевых областей роль механического фактора постепенно уменьшается. В связи с этим изменяется характер вскрытия. Поэтому комплекс изучения ледового режима включает исследования теплового стока и баланса льда на отдельных участках устьевых областей таких рек.

При исследовании режима учитывают изменения, связанные с практическими мероприятиями, влияющими на водо- и теплообмен (например, регулирование стока в результате создания на реке гидроэлектростанций и водохранилищ). Эти исследования особенно важны для определения будущего режима устьевых областей в связи с предполагаемыми изменениями в бассейнах рек. Не менее важное значение имеют исследования изменений, вызываемых мероприятиями, проводимыми в устьевой области: искусственное разрушение льда зимой (для целей навигации) и весной, сброс теплых вод, создание гидротехнических сооружений (дамб, мостов, ограждений и т. п.). Эти изменения важно знать для установления степени влияния их на другие элементы гидрологического режима, а также для оперативных целей. Так, при зимних ледокольных работах битый лед, скапливающийся под неподвижным, может забить русло до дна и вызвать перераспределение стока, а иногда и опасные подпорные повышения уровней.

В результате исследования режима должны быть получены количественные характеристики, определяющие масштабы и характер явлений в будущем как в естественных условиях, так и с учетом возможных искусственных изменений.

15.3.1 Исследование зажоров льда. Зажорные явления в устьях рек происходят главным образом в начале ледостава, вызывая резкие и значительные подъемы уровня воды в зоне подпора. Наводнения от зажоров приносят большие убытки народному хозяйству. Поэтому для изучения зажоров необходимы специальные исследования на участках, где они наблюдаются. Места ожидаемого образования зажоров устанавливают на основании данных наблюдений над уровнями и ледовыми явлениями за предшествующие годы или на основании опросных данных и предварительного гидрографического обследования в осенне-зимний период.

Наблюдения проводятся на всем протяжении зажорного образования, а также в зоне подпора (выше зажора) и в зоне спада (ниже его).

На выбранном участке наблюдения производят на основных и дополнительных водомерных постах, которых здесь должно быть пять-шесть. Наблюдения на постах ведутся по обычной программе, а после начала интенсивного подъема уровней воды— учащенно (через два — четыре часа или ежечасно).

В период от начала и до окончательного ледостава станция организует на всем протяжении устьевой области наблюдения за положением кромки льда и картируют ледовую обстановку на основе береговых маршрутных обследований или авиаразведки.

После установления прочного ледяного покрова на участке зажора с целью определения объема и распределения масс шуги в

зажоре производят ледомерные съемки по продольному профилю (фарватеру) с выносом точек в сторону берега, а в последующем — по поперечным профилям, разбиваемым в зависимости от характера зажорных скоплений шуги. Для выяснения изменений в мощности и характере скоплений шуги под ледяным покровом проводят повторные промеры.

15.3.2 Исследования заторов льда. Заторы, которые обычно образуются весной, в период вскрытия вызывают значительное стеснение русла и подъем уровней воды. С явлениями заторов связаны затопления поймы и берегов, разрушения берегов и гидротехнических сооружений, а также изменения русла. Применяемые меры борьбы с заторами не всегда эффективны в силу недостаточной изученности механизма явления, поэтому устьевые станции, перед которыми ставится задача изучения заторов, организуют целый комплекс систематических наблюдений. В этот комплекс входят наблюдения над уровнями воды и уклонами водной поверхности, над вскрытием с картированием, измерения расходов льда, над температурой воды, ледомерные съемки, наблюдения над структурой льда, над деформацией русла и берегов, над эффективностью мер борьбы с заторами, а также учет повреждений, вызываемых заторами. Заторы наблюдаются почти всегда в одних и тех же местах. В местах, где обычно образуются заторы, необходимо провести детальную съемку русла и берегов (до незатопляемых отметок) и наметить пункты наблюдений. На участке затора рекомендуется организовать посты через 2—3 км, из них один основной — ледовозаторный, на который командировать на период вскрытия техника или инженера. Они должны руководить работой всех постов на участке затора и контролировать ее. На самом ледовозаторном посту в программу работ входит картирование

состояния участка, измерение скоростей движения льда (расходов льда), ледемерная съемка (до вскрытия), наблюдения над толщиной и структурой льда (по выпиленным кабанам или выжатым на берег льдинами), наблюдения над деформацией берегов.

На приморских участках рек (к ним относятся прежде все- то реки, текущие с юга на север), где заторы обязательны при вскрытии, необходимо в течение зимы провести две-три маршрутные ледемерные съемки (в начале, середине и -конце зимы или в начале и конце зимы). Эти съемки позволят установить участки, где в силу характера осеннего ледостава (что выражается большой восторшенностью и наличием подсонов льда) наиболее вероятно образование заторов.

Хотя заторы образуются в постоянных местах, они могут наблюдаться не каждый год. Это зависит от характера осеннего ледостава к хода процессов вскрытия по реке в данном году. В конце зимы, перед вскрытием, проводится ледемерная съемка для выяснения наличия под ледяным покровом скоплений шуги и льда, образовавшихся с осени. Маршрут ледемерной съемки прокладывается по фарватеру. Кроме того, производятся измерения по поперечникам, учащенным с местх образования заторов.

С целью установления количества льда, поступающего к затору сверху и проходящего ниже затора, необходимо измерять расходы льда выше и ниже заторов. На верхнем створе измеряется температура воды на профиле или в точке, достаточно удаленной от берега. Наблюдения над температурой воды, приходящей сверху к затору, имеют большое значение, так как это позволяет установить принос тепла водами, который играет существенную роль в разрушении льда в заторах (особенно в устьях рек, текущих с юга на север).

Для установления деформаций русла и берегов при заторе рекомендуется проводить съемку участка после спада уровней.

Устьевая станция обязана фиксировать все работы, которые проводятся в пределах устьевой области с целью предупреждения образования заторов и разрушения возникающих заторов. При взрывных и ледокольных работах необходимо точно указывать сроки и точное место разрушения льда. При разрушении заторов следует указывать, в какой части затора велись работы.

В заторе различаются две части: голова, или основание затора, и хвост, или массив затора. Основание затора состоит из полей льда, сильно сжатых и всторошенных по краям; у берегов здесь наблюдаются наторошенные гряды. Во время стояния затора лед основания бывает неподвижен.

Хвост затора представлен в основном битым льдом, значительно разрушенным, находящимся в хаотическом состоянии (отдельные льдины поставлены на ребро, другие перевернуты). Отличается он более темным цветом (при взгляде с возвышения). Отдельные части его могут перемещаться вследствие таяния и уплотнения. В хорошо сформировавшемся заторе под берегом выделяется полоса неподвижного льда более светлого цвета. Эти навалы льда на берег затрудняют наблюдения.

15.3.3 Исследования физико - механических свойств льда. Исследования физико-механических свойств льда осуществляются устьевой станцией в полевых (естественных) условиях, что позволяет получить наиболее достоверные данные. Эти исследования включают определения строения и структуры, плотности, солёности и механических свойств льда. Учитывая, что лед в устьевых областях

может быть солоноватым, желательно включать лабораторные работы по определению фазового состава или солености льда.

Строение и структуру льда описывают при всех видах исследований ледяного покрова и при всех исследованиях льда. При описании строения льда приводят сведения о толщине и расположении в плане слоев льда различного происхождения. Желательно при этом проводить картирование, зарисовки и фотографирование.

При изучении структуры и определении размеров и формы кристаллов в полевых условиях облучают образцы льда солнечным или искусственным (от электролампы) светом. В результате неравномерной интенсивности таяния на поверхности возникают контуры кристаллов. При длительном действии лучистой энергии кристаллы свободно рассыпаются.

При изучении структуры соленого льда устанавливают размеры кристаллических зерен, воздушных пор и прожилок рассола.

Соленость льда определяют в различных частях устьевой области с целью выявления характера распространения солоноватых льдов начиная с взморья. Кроме того, устанавливают изменение солености льда в течение всей зимы.

Определение механических свойств льда. В полевых условиях сводится прежде всего к определению временного сопротивления льда при изгибе и сжатии. Эти характеристики необходимы для решения вопросов, связанных с оценкой грузоподъемности ледяного покрова и давления льда на сооружения по время ледохода.

Испытывать лед на прочность (механические свойства) в устьевых областях следует в разное время, но особенно важно весной (перед вскрытием) и осенью (в начале ледостава). Весной важно

получить величины, характеризующие сопротивление льда сжатию, а осенью — изгибу. Испытания следует производить в разных частях устьевой области.

15.3.4 Наблюдения на сети станций и постов

Сеть наблюдательных пунктов строят так, чтобы освещать все основные районы устьевой области: устьевой участок реки, рукава дельты и взморье. В период вскрытия и замерзания сеть наблюдательных пунктов может быть увеличена за счет организации временных постов. Последние можно создавать в местах, где ледовые процессы протекают более сложно (в местах заторов и зажоров). Поскольку в большинстве посты являются информационными, местоположение их надо согласовать с народнохозяйственными организациями.

Наблюдения начинают при понижении температуры воздуха ниже нуля или при появлении приносного льда и заканчивают после окончательного и полного очищения видимого пространства ото льда. При записях ледовой обстановки руководствуются терминологией и характеристиками, которые даются в Наставлениях [10, 11].

Для изучения ледового режима необходимо на станциях и постах иметь данные о гидрометеорологических условиях. Поэтому при организации наблюдательной сети следует учитывать размещение метеорологических станций, обеспечивающих получение надежных данных о температуре воздуха, осадках, ветре и облачности. Эта сеть должна также обеспечивать необходимое число станций, ведущие наблюдения над температурой и уровнем воды.

На водомерных постах устьевых участков рек, где вскрытие и замерзание происходит при значительных колебаниях уровней воды, наблюдения над последними необходимо проводить учащенно.

Крайне важно отмечать характерные уровни, т. е. уровни в момент начала ледовых явлений (подвижки льда, начало ледохода и т. д.).

15.3.5 Определение температуры воды и теплового стока. Данные о температуре воды, полученные по наблюдениям у берега в период осеннего охлаждения и весной, могут существенно отличаться от средней температуры всей массы воды. Для вычисления теплового стока на замыкающем створе необходимо иметь данные о температуре воды по всему живому сечению. В этих целях измеряют температуру воды на нескольких вертикалях, расположенных в одном створе по всей ширине реки. На каждой вертикали измерения производят на нескольких точках.

Удобнее всего измерения температуры воды осуществлять на том же створе, на котором измеряют расходы воды. Для того чтобы измерение температуры на створе не заняло более 1,5 часа, число вертикалей, назначенных для измерения скоростей течения, может быть несколько уменьшено.

Количество таких измерений температуры воды зависит от того, насколько средняя температура всей массы воды будет отличаться от температуры воды у берега. Как минимум, необходимо для каждого створа производить два-три измерения при различной температуре воды (например, одно в пределах 3—4, второе — 0—2°).

15.3.6 Картирование ледовых явлений. Для картирования ледовых явлений широко используется авиаразведка (фотографирование, зарисовки и лр.).

В зимний период после установления ледяного покрова, когда наибольший интерес представляет определение кромки припая, последнее можно производить с помощью авиаразведки, осуществляемой обсерваторией.

Специальная авиаразведка в устьевых областях проводится в периоды замерзания и вскрытия. Сроки (частота) и маршруты ее зависят от изменений ледовой обстановки. Для выяснения характера продвижения волны вскрытия по реке и поступления льда с вышележащих участков реки маршруты полетов могут выходить за пределы устьевой области.

Если в период ледовых явлений ведутся специальные ледокольные работы, желательно на ледоколы посылать гидролога для наблюдений над ледовыми явлениями, а также для помощи капитану в правильной оценке ледовой обстановки. Гидролог-наблюдатель фиксирует ледовую обстановку по пути следования ледокола, отмечая время и место его нахождения [16, 17]. Чрезвычайно важно при этом определять размеры льдин, толщину, описывать структуру льда и характер ледовых образований. При остановках судна необходимо определять скорость и направление движения льда. В бортжурнале должно быть описание ледокольных работ и эффективности разрушения ледовых перемычек (заторов).

15.3.7 Наблюдения над толщиной ледяного покрова. Для установления характера ледяного покрова, кроме наблюдений в районе станций и постов, измеряют толщину на постоянных профилях и выполняют ледемерные съемки. При выборе профилей для измерений учитывают не только особенности режима, но и наличие тех или иных сооружений. Целесообразно постоянные ледовые профили разбивать в районе ледяных переправ и мостов, у причалов, на лимитирующих судоходство участках (барах), на участках, где происходит местное ослабление льда вследствие сброса теплых промышленных и городских вод. Измерения на ледовых профилях производят при толщине льда менее 15 см через один-три дня, от 15 до 25 см - через пять дней, более 25 см — через 10—15 дней. На

устьевом участке реки профили разбивают поперек русла, а на устьевом взморье — от берега в сторону моря.

15.3.8 Наблюдения за движением льда. Наблюдения за движением льда на устьевом участке реки осуществляют в период ледохода с целью выявления его характера и влияния на существующие сооружения, а также для подсчета расхода льда. Для выполнения первой задачи производят так называемую съемку траекторий движения льда на значительном участке русла. Участок съемки выбирают в местах гидротехнических сооружений. Кроме скорости и направления, фиксируют размеры льдин и густоту ледохода.

На устьевом взморье, где лед дрейфует под воздействием ветра и течений, наблюдения над дрейфом не ограничены периодом вскрытия и замерзания, а могут осуществляться и зимой.

Наблюдения за дрейфом льда прежде всего необходимо проводить на участках, где лед лимитирует судоходство и влияет на гидротехнические сооружения. В приливных устьях необходимы многочасовые наблюдения над дрейфом льда, охватывающие целиком приливо-отливную фазу. Определения дрейфа льда обязательно должны сопровождаться наблюдениями над ветром.

15.3.9 Измерение расходов льда. Расходы льда измеряются с целью определения объема льда, поступающего в устьевую область, и выявления баланса льда во время весеннего и осеннего ледоходов. Для определения объема льда, прошедшего через данный створ за весь период ледохода, необходимо производить учащенные (не реже чем через час) наблюдения над густотой ледохода. Измерения расходов льда с одновременными наблюдениями над густотой льда в начале устьевой области и нижних створах, включая рукава дельты

(также за весь период ледохода), позволяют вычислить баланс льда и роль отдельных рукавов в транзите льда из реки.

15.4 Анализ и обобщение материалов

Все материалы наблюдений подвергаются первичной обработке сразу же после окончания наблюдений. Обрабатываются они тем же лицом, которое вело наблюдения. По окончании цикла наблюдений составляют отчет, который обычно включает:

- 1) описание методики наблюдений;
- 2) описание условий наблюдений;
- 3) описание метеорологических условий (температура воздуха, скорость и направление ветра, осадки, облачность, высота снежного покрова);
- 4) таблицы с основными результатами наблюдений;
- 5) краткий анализ полученных материалов, в котором рассматриваются полученные данные в зависимости от гидрометеорологических условий;
- 6) выводы и предложения о дальнейших работах по изучению данного явления (цикла наблюдений).

При организации изучений тех или иных явлений или элементов режима важно использовать материалы различных организаций, ведущих работы в устьевых областях. От них могут быть получены следующие сведения:

- 1) о ледовом режиме на отдельных участках, эксплуатируемых данной организацией (морским и речным флотом, железнодорожным транспортом, электростанциями и др.);
- 2) о затруднениях при плавании и повреждениях гидротехнических сооружений, а также о мероприятиях по борьбе с

неблагоприятными ледовыми явлениями и об эффективности этих мероприятий.

Сведения за текущий год используют при составлении годового научно-технического отчета, а за более длинный ряд лет — при составлении режимных характеристик.

16 Гидрохимический режим

16.1 Общие сведения

Основным процессом в устьях рек, формирующим особый тип устьевых вод, является процесс химического взаимодействия абсолютно различных по составу солеобразующих компонентов и различных по минерализации речных и морских вод. Устьевые воды постоянно находятся в состоянии движения и перемешивания и непрерывно (меняют свои физико-химические свойства).

Взаимодействие речных и морских вод протекает в каждом устье по-разному. Это обуславливает своеобразные черты гидрохимического режима вод каждого устья и определяет задачи гидрохимических исследований, средства и методы наблюдений и их обработки.

16.2 Основные вопросы режима

Можно наметить четыре основные задачи исследования гидрохимического режима:

1) получение режимных характеристик химического состава, минерализации и их суточных, сезонных и многолетних изменений в водных объектах устья. Эта задача определяет основные черты организации гидрохимических исследований, предусматривает систематическое накопление материалов наблюдений и составление пространственно-временных гидрохимических характеристик в целом и в отдельности каждого компонента;

2) исследование химических загрязнений в устьевых водных объектах. Эта задача решается совместно с первой и (предполагает составление карт-схем по компонентам-загрязнителям и

рекомендаций по рациональному размещению источников загрязнения и др.;

3) исследование основных факторов и закономерностей формирования солевого состава вод, газового режима и режима питательных солей на устьевых водных объектах;

4) установление качественных и количественных взаимосвязей гидрометеорологических или гидробиологических элементов с гидрохимическими с целью получения характеристики, расчета и, в конечном счете, прогноза гидрохимических элементов в устье, а также характеристики и расчета ряда гидрологических элементов на основании гидрохимических.

16.3 Методы исследований и наблюдений

16.3.1 Методы исследований

Гидрохимические исследования проводятся совместно с гидрологическими по специально разработанной целенаправленной программе, которая составляется применительно к физико-географическим особенностям каждого устья и к запросам народного хозяйства.

Гидрохимические и гидробиологические процессы, как и ряд гидрологических процессов, имеют суточный, сезонный и многолетний характер. Гидрохимический режим значительно изменяется при изменении гидрологического режима в зависимости от таких явлений, как штормы, приливы, отливы, половодья, паводки и т. п. Поэтому гидрохимические исследования организуют не только по календарным признакам, но приурочивают к характерным явлениям природы. При этом следует стремиться к пространственно-временным исследованиям.

Изучение режима во времени, как показывают результаты наблюдений, возможно лишь при организации многосуточных исследований.

Солнечная радиация, температура воды, миграция фитопланктона, приливы и отливы, бризы, а вслед за ними биохимические и химические процессы, изменяются в течение суток. В условиях, когда прочие факторы имеют меньшее значение, достаточно полутора- или двухсуточных наблюдений через три—шесть часов в зависимости от степени изменчивости наблюдаемых элементов. Практически такими малыми сроками можно ограничиваться в штилевых условиях при более или менее неизменном речном стоке в море.

Непериодические явления (стоны, нагоны, льдообразование, штормы, паводки и т. п.), а также явления, имеющие во времени большой период (половодье, межень, солнечная радиация и т. п.), но не повторяющиеся по величине и характеру и накладывающиеся друг на друга, требуют большей длительности многосуточных наблюдений. Принято считать наиболее целесообразными многосуточные наблюдения за полный цикл развития, стабилизации и затухания явления природы (от двух- трех до 20 суток).

16.3.2 Методы наблюдений

Изложены в «Черном руководстве» и в руководствах ГХИ.

17 Отчетность устьевых станций

Устьевая станция ежегодно представляет подробный научно-технический отчет. Составление этого отчета довольно трудоемкая работа, поэтому ее необходимо выполнять равномерно в течение всего года. В начале года при составлении календарного плана (графика) полевых работ составляют план камеральных работ по обработке полевых материалов и составлению научно-технического отчета. Календарные планы составляются с учетом сроков выполнения отдельных этапов обработки и календарной загрузки каждого работника тем или иным видом обработки.

17.1 Примерная схема ежегодного отчета

Основные сведения о выполнении годового плана (перечень тематических исследований и наблюдений по элементам), о состоянии анализа и обобщения полученных материалов и предложения о дальнейшей работе по темам; работники, составляющие определенные разделы отчета. Краткие сведения по координации и кооперированию исследований устьевой области. Перечень ведомственных работ по гидрологии в устье за отчетный год. Список и схема размещения гидрометеосети и районов специализированных работ, а также краткие сведения о состоянии сети (приводится в первом отчете, в последующих даются только данные об изменениях).

В отчете должны подучить освещение следующие элементы режима:

1) уровень и уклоны водной поверхности; годовой ход уровня на устьевом участке и в вершине устьевой области; трансформация наводочной волны в пределах дельты и на устьевом взморье; наиболее характерные сгонно-нагонные явления за истекший год;

характер приливных колебаний уровня в половодье и межень, квадратуру и сизигию, в период нагона и сгона, при ледоставе; заливаемость дельты по сезонам года, площади заливания отдельных районов или зон дельты; характерные уклоны водной поверхности в дельте и на устьевом взморье в период половодья, межени, стонов и нагонов;

2) водный сток и его распределение по рукавам дельты и на устьевом взморье; годовой ход стока в вершине дельты; распределение и перераспределение стока по рукавам дельты (половодье, межень, нагон, сгон, ледостав и др.); влияние зарегулирования на величину стока и его распределение;

3) режим стока наносов, мутность и прозрачность воды: характеристика мутности вод дельты, прозрачности и цвета воды взморья; сток взвешенных наносов, его годовой и сезонный ход в вершине дельты; распределение стока наносов по рукавам дельты и на взморье; механический состав взвешенных и донных наносов;

4) русловые процессы и изменение гидрографической сети дельты: краткая характеристика геоморфологии дельты и гидрографической сети (дается только в первом отчете); краткие результаты наблюдений за русловыми процессами на выбранных участках; вопросы заносимости каналов, бороздин, прорезей, формирование баров; общий характер изменений в строении гидрографической сети;

5) течения на взморье: зона стоковых, зона смешанных (стоковых, ветровых и градиентных), зона ветровых (дрейфовых) течений;

6) тепловой сток и ледовый режим: температура воды в дельте и на устьевом взморье, ход ее по сезонам, распределение по

районам, по вертикали и по поперечному сечению; ход ледовых явлений и толщина льда в дельте и на устьевом взморье, их характеристика в сравнении со среднемноголетними; воздействие льда на берега, сооружения, суда;

7) гидрохимическая характеристика вод устьевой области: анализ содержания Cl , щелочности, кислорода, величины рН, биогенных элементов; сопоставление их распределения с гидрологическими элементами;

8) режим волнения: результаты натуральных наблюдений за волнением и полученные расчетные связи; влияние волнения на судоходство и воздействие волнения на берега и сооружения;

9) краткие выводы по всем разделам работы. Задачи дальнейших исследований, предложения по уточнению программы работ и рационализация сети.

ПРИЛОЖЕНИЯ

В приложения включаются все основные сводные материалы наблюдений и исследований, рассмотренные в отчете: по устьевому участку реки (дельты) — копия гидрологических ежегодников или таблицы, составленные по их формам; по устьевому взморью — обобщенные за год таблицы по формам морского ежемесячника, в первую очередь с материалами, не вошедшими в него.

В зависимости от специфики работы и наличия материалов в научно-технический отчет должны быть включены и другие материалы, не предусмотренные данной программой.

При составлении научно-технического отчета необходимо исходить из того, что предлагаемая программа содержит только основные моменты отчета, так как в ней нельзя отразить всего разнообразия условий различных устьевых областей.

Отчет составляют ведущие специалисты обсерватории или устьевой станции и подписывает директор или начальник. Копии отчета направляются в ФГБУ «ГОИН», в институт-куратор и в УГМС.