

УДК 556.535:556.54 (282.257.42/265.53)

DOI: 10.15853/2072-8212.2015.37.33-52

СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ПЕНЖИНЫ И ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В ЕЕ ЭСТУАРИИ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ 2014 Г.)

С.Л. Горин*, М.В. Коваль, А.А. Сазонов**, П.Н. Терский**

*Вед. н. с., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-81-22

E-mail: gorinser@mail.ru

Зав. отд., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел.: (4152) 41-27-01

E-mail: koval.m.v@kamniro.ru

**Студент, студент, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119899 Москва, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет

Тел.: (495) 939-15-33

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, СТОК ВОДЫ, ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ЭСТУАРИЙ, УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ РЕКИ, ВОДНЫЕ МАССЫ, СМЕШЕНИЕ ВОД, КАМЧАТКА, РЕКА ПЕНЖИНА, ПЕНЖИНСКАЯ ГУБА

В статье представлены результаты анализа архивных и литературных источников, а также собственных полевых работ, выполненных во второй половине лета 2014 г. На основе этого дана подробная характеристика гидрологического режима нижнего течения реки Пенжины и ее эстуария. Среди прочего выявлено, что в 1989–2012 гг. (в сравнении с 1957–1980 гг.) водный сток реки уменьшился, а температура речной воды возросла. Установлены пределы проникновения приливов в реку: приливные колебания уровня распространяются до 52 км от устьевоего створа, а обратные течения и осолоненные воды — до 30 и 11 км соответственно. Обнаружено, что ближайшая к реке северо-восточная часть Пенжинской губы в летний период сильно опреснена. В более удаленной от реки северной части губы опреснение распространяется далее, чем на 60 км от речного устья.

MODERN HYDROLOGICAL REGIME OF THE PENZHINA RIVER DOWNSTREAM AND FIRST INFORMATION ABOUT HYDROLOGICAL PROCESSES IN THE ESTUARY (ON RESULTS OF EXPEDITION 2014)

S.L. Gorin*, M.V. Koval, A.A. Sazonov**, P.N. Terskiy**

*Leading scientist, Russian Federal Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO)
107140 Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17

Тел.: (499) 264-81-22

E-mail: gorinser@mail.ru

Head of dep., Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18

Тел.: (4152) 41-27-01

E-mail: koval.m.v@kamniro.ru

**Student, student, Lomonosov Moscow State University
119899 Moscow, Leninskie Gori, MSU, faculty of geography

Тел.: (495) 939-15-33

HYDROLOGICAL REGIME, RUNOFF, THERMAL REGIME, ESTUARY, RIVER MOUTH AREA, WATER MASSES, MIXING WATERS, KAMCHATKA, PENZHINA RIVER, PENZHINSKY BAY

The article demonstrates results of analysis of published and archive sources and authors' field study in the last half of summer 2014. Hydrological regime of the Penzhina River downstream is characterized in details on the base of the results. It is found that the river runoff in 1990–2012 (comparing to 1957–1980) decreased and the temperature of the river water has increased. The upper edge of tidal spreading in the river is figured out: the tidal fluctuations can spread up to 52 km from the mouth, and the reverse currents and water temperature — respectively up to 30 and 11 kms. It is revealed, that the northeastern part of Penzhinsky Bay, nearest to the river, undergoes extensive freshening in summer. Freshening in the water in the most distant from the river part of the bay spreads more than over 60 km from the river mouth.

Река Пенжина является крупнейшей речной системой во всем Камчатском крае и третьей по величине рекой (после Амура и Анадыря) на тихоокеанском побережье России. Несмотря на это, в литературе пока еще не было сколько-нибудь подробного описания ее гидрологического режима. Поэтому сведения об этой реке, приведенные

в настоящей статье, будут новыми для отечественной гидрологии и позволят расширить научные представления о формировании и изменчивости речного стока на территории нашей страны.

Эстуарий р. Пенжины находится под воздействием экстремально высоких приливов (по не-

которым оценкам до 13 м) и благодаря этому относится к числу уникальных устьевых объектов не только России, но и мира. Но никаких систематических исследований в нем никогда не проводилось. В связи с этим результаты полевых наблюдений, представленные в данной работе, будут полезны не только для отечественной, но и для зарубежной устьевой науки.

Результаты исследований в р. Пенжине и в ее эстуарии могут быть полезны и в практическом отношении. Это связано с тем, что благополучие и безопасность жителей этого оторванного от «большой земли» района сильно зависят от судоходных условий в реке в краткий период северного завоза и от правильности мер по предупреждению негативного воздействия речных паводков на жилые поселки. Кроме того, нельзя забывать о давней идее строительства в Пенжинской губе приливной электростанции. Адекватный прогноз воздействия плотины электростанции на экологическое состояние и судоходные условия в северной части Пенжинской губы и в нижнем течении р. Пенжины возможен только при наличии фактических данных.

Цель настоящей статьи состоит в обобщении и анализе существующих архивных и литературных сведений, а также данных собственных полевых наблюдений, характеризующих гидрологический режим нижнего течения р. Пенжины и ее эстуария.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Анализ характеристик гидрологического режима в бассейне р. Пенжины основан на данных многолетних наблюдений, которые проводились на постах Камчатского УГМС. Часть этих данных ранее публиковалась в специализированных справочниках (Ресурсы..., 1973; Многолетние..., 1985). Другая часть, относящаяся к периоду после 1980 г., представлена авторам статьи Камчатским УГМС.

В гидрологических расчетах использовались данные поста «Каменское», который находится примерно в 65 км от устьевого створа реки рядом с одноименным поселком (рис. 1). Наблюдения за стоком, уровнем и температурой воды на этом посту проводились в 1957–2012 гг. С лета 2012 г. пост не работал, но с мая 2015 г. наблюдения за уровнем и температурой возобновились. Для гидрологических расчетов использовались стандартные статистические методы, предусмотренные в программных пакетах Statistica и Excel.

Характеристика гидрологического режима устьевого участка и эстуария р. Пенжины даны по данным собственных полевых наблюдений, которые проводились со второй половины июля до первой половины сентября 2014 г. Полевые работы выполнялись в соответствии с принятыми в гидрологии устьев рек методами (Гидрологические наблюдения..., 1993; Руководство..., 2011; Руководство...,



Рис. 1. Схема размещения автономных постов в устьевой области р. Пенжины (на фоне космического снимка): 1 — посты, на которых у дна стояли датчики уровня (H), температуры (T) и солености (S) воды, а у поверхности датчики T , S ; 2 — посты с датчиками H , T , S у дна; 3 — посты с датчиками H , T у дна; расстояния указаны от устьевого створа р. Пенжины

2012). Они были нацелены на изучение пространственно-временной изменчивости уровня, температуры, солености, мутности, скорости и направления течения воды, а также на определение морфометрических характеристик водных объектов.

Режим уровня воды изучался с помощью автономных гидростатических датчиков. Они были жестко прикреплены к металлическим якорям, установленным на дно водных объектов. В русле реки находилось 6 приборов (рис. 1). В верхней части Пенжинской губы (между устьевым створом реки и о. Аппапель) было установлено 3 прибора, а еще 1 датчик стоял в северной части губы около о. Орночка (рис. 1). Измерения уровня проводились через каждые 15 минут и продолжались от 13 до 35 суток. В устьевой области р. Пенжины использовались гидростатические датчики двух классов точности. Датчики первого класса измеряли уровень воды с точностью 1 см. Они устанавливались на ключевых участках водных объектов. Между ними находились датчики второго класса точности, которые измеряли уровень воды с точностью 10 см.

Режим температуры и солености воды исследовался двумя способами. Во-первых, с помощью наблюдений на 6 автоматических постах. При этом на постах в русле реки измерения проводились в придонном горизонте, а на постах в губе — у дна и на поверхности (рис. 1). Дискретность измерений составляла 15 минут, продолжительность — от 13 до 35 суток. Точность измерений температуры и солености воды составляла $0,1^{\circ}\text{C}$ и $0,5\text{‰}$ соответственно.

Вторым методом исследований были продольные гидрологические съемки, охватившие 30-километровый участок речного русла и 60-киломе-

тровый участок Пенжинской губы (рис. 2). Всего проведено 5 съемок. Этот вид работ выполнялся в период высоких сизигийных и низких квадратурных приливов, но, из-за технических сложностей, только в полные воды (в малые воды съемок не было). В речном русле измерения делались через каждые 1–2 км, а в Пенжинской губе — через 2–4 км. Точность измерений температуры составляла $0,1^{\circ}\text{C}$, а солености воды — от $0,5\text{‰}$ в диапазоне 0–2‰ до $0,1\text{‰}$ в диапазоне 2–33‰.

Мутность воды измерялась одновременно с температурой и соленостью во время гидрологических съемок. Измерения производились оптическими датчиками в условных единицах (NTU) без пересчета полученных данных в единицы веса или объема взвешенных наносов. Точность измерений — от 1 NTU (в диапазоне 0–20 NTU) до 50 NTU (при достижении верхнего предела измерений, равного 1000 NTU).

Режим скорости и направления течения воды изучался с помощью автоматического доплеровского прибора, установленного в 11 км от устьевого створа реки (рис. 2). Дискретность измерений составляла 15 минут, продолжительность — 16 дней.

Морфометрические характеристики водных объектов определялись посредством эхолотных промеров глубин. В реке промеры проводились по косым галсам и поперечникам от с. Каменское до устьевого створа, а в Пенжинской губе — по поперечникам от речного устья до о. Аппапель (рис. 1). Среднее расстояние между косыми галсами составляло 200–300 м, а между поперечниками — 1 км. К единой системе отсчета все глубины были приведены по показаниям автоматических уровнемеров.

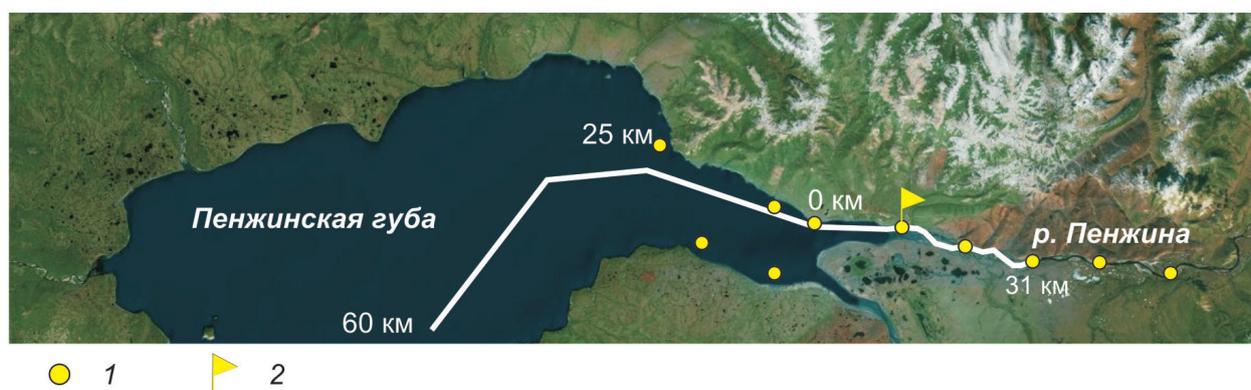


Рис. 2. Осевая линия гидрологических съемок в устьевой области р. Пенжины (на фоне космического снимка): 1 — места установки автоматических измерителей H , T , S (рис. 1); 2 — место установки автономного измерителя скорости и направления течения воды; расстояния указаны от устьевого створа реки

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения широкого круга научных и практических задач в первую очередь требуются сведения о режиме стока, уровня и температуры воды, а также о ледовом режиме. В отношении приливных эстуариев на первый план выходят вопросы, связанные с колебаниями уровня и пространственно-временной динамикой зоны смешения речных и морских вод. Этим объясняется перечень проблем, рассматриваемых в настоящем разделе.

Физико-географические условия в бассейне р. Пенжины

Рельеф, мерзлота и климат бассейна р. Пенжины подробно исследованы в соответствующих статьях настоящего сборника (Романенко, Шилова и др.). В связи с этим представленное ниже описание затрагивает только те вопросы, которые важны для понимания условий формирования гидрологического режима реки и ее эстуария, но недостаточно освещены в других статьях сборника или в специальной литературе.

Рельеф. Бассейн р. Пенжины находится на материковом севере Камчатского края (рис. 3). От влияния Берингова моря его защищает Корякское нагорье, которое состоит из нескольких хребтов, в своем большинстве простирающихся с северо-востока на юго-запад и юг. Для основной части нагорья характерны остроконечные горные вершины с отметками до 1000–2000 м, а также многочисленные ледники и фирновые поля (Ресурсы..., 1973).

От оконечности Срединного хребта и берега Пенжинской губы на северо-восток протянулась узкая впадина, называемая Парапольским долом (рис. 3). Она представляет собой пологоволнистую и слабонаклонную низменность, сложенную озерно-аллювиальными и водно-ледниковыми отложениями (Ресурсы..., 1973). В центральной части низменности преобладает холмисто-котловинный рельеф (высота отдельных холмов до 10–30 м). Вблизи гор рельеф становится холмисто-увалистым. Поверхность Парапольского дола заболочена, сильно изрезана густой речной сетью и покрыта множеством озер термокарстового и ледникового происхождения.

За Парапольским долом находится Пенжинский хребет (рис. 3). Его протяженность достигает 400 км, а ширина не превышает 20–30 км на юге и 10–12 км на севере (Ресурсы..., 1973). Поверхность южной части хребта сильно расчленена, вершины здесь имеют резкие очертания и высоту до 800–1000 м. На севере горы ниже (до 400–500 м), имеют более сглаженную форму, иногда здесь встречаются лавовые плато. Реки Белая (левый приток р. Пенжины) и Таловка прорезают Пенжинский хребет в поперечном направлении, прорываясь через узкие долины.

Среднее и нижнее течение р. Пенжины и ее крупнейшего правого притока (р. Оклан) находятся в пределах Пенжинской низменности (рис. 3). Ширина низменности на юге в отдельных местах



Рис. 3. Орографическая схема северной части Камчатского края (Ресурсы..., 1973): 1 — Корякское нагорье; 2 — Парапольский дол; 3 — Пенжинский хребет; 4 — Пенжинская низменность; 5 — Ичигемская горная система; 6 — Срединный хребет

не превышает 5–6 км, но на севере низменность расширяется до 50–60 км (Ресурсы..., 1973). Поверхность низменности имеет мелкохолмистый рельеф, сильно изрезана речной сетью и покрыта большим количеством озер преимущественно термокарстового и ледникового происхождения. Верхнее течение р. Пенжины и ее притока р. Оклан расположены в Ичигемской горной системе, принадлежащей Колымскому нагорью (рис. 3). Она состоит из двух горных хребтов субширотной ориентации. Отметки отдельных вершин хребта достигают 800–1000 м, в редких случаях более. По речным долинам встречаются следы горно-долинного оледенения (Ресурсы..., 1973).

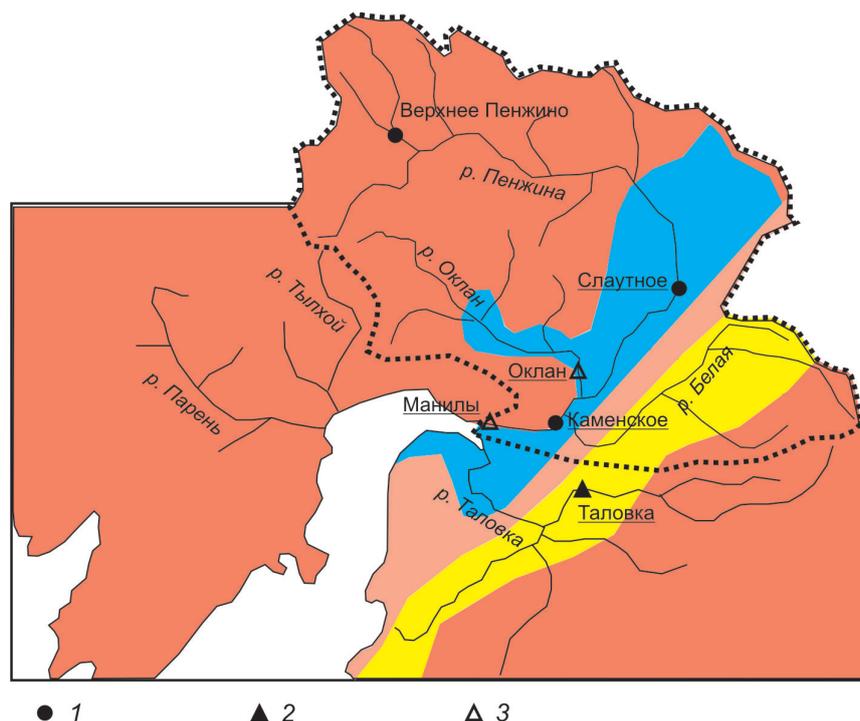
Мерзлота. Согласно (Ресурсы..., 1973), бассейн р. Пенжины находится в переходной зоне между районами островного и сплошного распространения вечной мерзлоты. У побережья Пенжинской губы мерзлота прерывистая; ее мощность может достигать многих десятков метров. По долинам крупнейших притоков р. Пенжины и под большими озерами мерзлота прорывается сквозными таликами. Под средними и малыми речными притоками и озерами возможны надмерзлотные (несквозные) талики.

Растительность. По характеру растительности бассейн р. Пенжины относится к лесотундровой зоне (Ресурсы..., 1973). Общей чертой растительности в бассейне реки является хорошо выраженная высотная зональность. Вершины хребтов Ко-

рякского нагорья занимает разряженная растительность высокогорий с пятнами снежников и ледников. Ниже располагается ярус горных тундр с кустарничками и пятнами альпийских лугов. Еще ниже — заросли кедрового и кедрово-ольхового стлаников на маломощных (до 50–60 см) почвах. На менее высоком Пенжинском хребте и в Ичигемской горной системе широко распространены только два нижних яруса растительности: горных тундр и стлаников. Долины больших рек во всех горных системах заняты осоко-пушицевыми кочкарными тундрами в сочетании с гипново-травяными болотами. В северной части Ичигемской горной системы (в районе верхнего течения р. Пенжины) распространены горные таежные леса из лиственницы даурской с характерным для них низкорослым и несомкнутым древостоем на маломощных, часто щебнистых почвах. Парапольский дол и Пенжинская низменность заняты осоко-пушицевыми кочкарными тундрами в сочетании с гипново-травяными болотами на торфяно-глеевых почвах (слой торфа на них не превышает 10–30 см).

Климат. На огромном пространстве бассейна р. Пенжины (73 500 км²) находятся всего три метеостанции («Верхнее Пенжино», «Слаутное» и «Каменское», рис. 4), данные с которых обобщены в справочнике «Климат России» (2011). По сведениям из Камчатского УГМС, все они действуют до сих пор. Кроме метеостанций, в бассейне

Рис. 4. Схема расположения пунктов метеорологических наблюдений в бассейне р. Пенжины и на прилегающей к нему территории: 1 — действующие метеостанции («Каменское», «Слаутное» и «Верхнее Пенжино»); 2 — действующий метеопост; 3 — закрытые метеопосты (цветной заливкой показаны те же орографические зоны, что и на рис. 3)



р. Пенжины до середины 1990-х годов работали два метеопоста («Оклан» и «Манилы»). На прилегающей к бассейну территории раньше существовал и до сих пор работает один метеопост, в с. Таловка (рис. 4). В сравнении с метеостанциями, наблюдения на метеопостах осуществляются по урезанной программе, поэтому объем и качество их данных не достаточны для использования в рамках настоящего обзора.

Таким образом, в настоящее время в бассейне р. Пенжины метеонаблюдения в основном ведутся в Пенжинской низменности, в пределах которой располагаются две из трех метеостанций. В Ичигинской горной системе находится всего одна метеостанция. Данные поста в Парапольском доле для нашего анализа недоступны. На Пенжинском хребте и в Корякском нагорье систематических наблюдений никогда не было. Учитывая это, неудивительно, что сопоставление годовых сумм осадков по трем метеостанциям с годовым слоем стока р. Пенжины в замыкающем створе (пост «Каменское») за многолетний период (1957–2002 гг.) показало, что во многих случаях вторая величина была больше первой. Следовательно, значительная часть осадков в бассейне р. Пенжины недоучитывается. В первую очередь это касается бассейна р. Белой, самого большого из левых притоков Пенжины (рис. 4).

Согласно (Кондратюк, 1974), бассейн р. Пенжины находится в северной климатической подобласти Камчатского края. От Берингова моря он хорошо защищен Корякским нагорьем, а от от-

крытой части Охотского моря прикрыт субширотными хребтами Ичигемской горной системы. Поэтому ведущим климатическим фактором здесь является радиационный теплообмен, который определяется расположением этого бассейна в приполярных широтах (между 62,5 и 64,5 с. ш.). Зимой воздух и подстилающая поверхность в речном бассейне сильно выхолаживаются, а летом — относительно хорошо прогреваются.

В целом, климат исследуемой территории резко континентальный с очень холодной, продолжительной и немногоснежной зимой и коротким, сравнительно теплым и довольно сухим летом (Кондратюк, 1974). Недостаток тепла и высокая относительная влажность воздуха ограничивают испарение, поэтому даже при небольшом количестве годовых осадков (300–400 мм) для этой территории характерно избыточное увлажнение и заболачивание. Сильные и продолжительные холода при небольшой мощности снежного покрова приводят к сильному промерзанию почвы. Это усиливается тем, что весь бассейн находится в зоне вечной мерзлоты. В итоге, мощность слоя летнего оттаивания почвогрунтов не превышает 0,5 м.

Характерной чертой климата территории является очень большая величина годовых колебаний температуры воздуха, в среднем составляющая 50–57 °С, а в отдельные годы — намного больше (табл. 1).

Зима в бассейне р. Пенжины длится около 7 месяцев: с середины октября до середины мая

Таблица 1. Характерные величины годовых колебаний температуры воздуха в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Характеристика	Пункт		
	Верхнее Пенжино	Слаутное	Каменское
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	32,3 (июль 1976)	31,0 (июль 1969)	31,4 (август 2010)
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	–59,5 (февраль 1973)	–53,9 (январь 1973)	–52,6 (декабрь 1970)
Средняя максимальная (годовая) температура воздуха ($T_{\text{ср макс}}$), °С	18,2	19,8	18,3
Средняя минимальная (годовая) температура воздуха ($T_{\text{ср мин}}$), °С	–38,7	–33,9	–31,5
Средняя величина годовых колебаний температуры воздуха ($T_{\text{ср макс}} - T_{\text{ср мин}}$), °С	56,9	53,7	49,8

Таблица 2. Продолжительность периодов, использованных для расчета климатических характеристик по метеостанциям в бассейне р. Пенжины (Климат России, 2011)

Характеристика	Пункт		
	Верхнее Пенжино	Слаутное	Каменское
Температура воздуха	1944–2006	1961–2006	1949–2006
Осадки	1966–1999	1971–2000	1950–2001
Снежный покров	1966–2009	1966–2005	1966–2008
Метели, туманы	1977–2005	1977–2005	1977–2005
Ветер	1966–2005	1966–2005	1966–2005

(табл. 3). В это время года преобладает очень морозная, тихая (за исключением нижней части бассейна), малооблачная погода (Кондратюк, 1974). Самый холодный месяц — декабрь, когда средняя месячная температура воздуха в бассейне реки опускается до $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в нижнем и верхнем течении реки соответственно) (табл. 4). Абсолютный минимум температуры воздуха равен $-52,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в нижней части бассейна и $-59,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в верхней

(табл. 1). Общая продолжительность холодного периода в бассейне реки составляет ~ 210 сут. Среднее количество осадков за столь продолжительную зиму невелико: от 140 до 200 мм (табл. 5).

Первый снег обычно выпадает в первых числах октября, устойчивый снежный покров образуется через 10 дней (табл. 6). В течение всей зимы толщина снежного покрова постепенно увеличивается, достигая максимума (до 50–60 см, а в самые

Таблица 3. Средние даты начала и окончания климатических сезонов в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)*

Сезон	Границы сезонов	Критерии**	Периоды наступления переходных дат	Примерная продолжительность сезонов, сут
Зима	начало	средняя дата появления устойчивого снежного покрова	ВП — 11 октября Сл — 17 октября Кам — 15 октября	7 мес
	окончание	средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова	ВП — 15 мая Сл — 8 мая Кам — 13 мая	
Весна	начало	средняя дата начала периода устойчивого превышения средней суточной температуры воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ВП — 29 мая Сл — 10 июня Кам — 10 июня	до 1 мес
	окончание	средняя дата окончания периода устойчивого превышения средней суточной температуры воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ВП — 23 августа Сл — 3 сентября Кам — 29 августа	
Лето	начало	средняя дата появления устойчивого снежного покрова	ВП — 11 октября Сл — 17 октября Кам — 15 октября	>2,5 мес
	окончание	средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова	ВП — 15 мая Сл — 8 мая Кам — 13 мая	
Осень	начало	средняя дата начала периода устойчивого превышения средней суточной температуры воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ВП — 29 мая Сл — 10 июня Кам — 10 июня	>1,5 мес
	окончание	средняя дата окончания периода устойчивого превышения средней суточной температуры воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	ВП — 23 августа Сл — 3 сентября Кам — 29 августа	

Примечания: * ВП — Верхнее Пенжино; Сл — Слаутное; Кам — Каменское; ** критерии выделения сезонов по рекомендациям Т.В. Покровской (Кондратюк, 1974)

Таблица 4. Средняя температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в бассейне р. Пенжины по месяцам и за год по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Пункт	Период												год
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.	
Верхнее Пенжино	-28,1	-27,3	-23,3	-13,9	-0,3	10,4	13,4	10,1	2,8	-11,0	-22,9	-29,4	-10,1
Слаутное	-23,7	-23,2	-20,4	-12,0	1,3	11,3	14,1	11,2	4,6	-7,4	-18,0	-24,2	-7,2
Каменское	-22,4	-22,4	-19,2	-11,0	1,0	10,0	13,4	11,4	5,2	-6,2	-17,1	-23,2	-6,7

Таблица 5. Средние суммы осадков (мм) в бассейне р. Пенжины по месяцам и за год с поправками на смачивание по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Пункт	Период												год
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.	
Верхнее Пенжино	23	16	12	10	10	30	40	42	34	25	33	20	295
Слаутное	13	8	9	13	14	28	44	57	37	28	25	14	290
Каменское	34	33	23	18	16	29	47	61	47	29	34	30	401

Таблица 6. Даты появления и схода снежного покрова в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Характеристика	Пункт		
	Верхнее Пенжино	Слаутное	Каменское
Дата появления снежного покрова: средняя (ранняя / поздняя)	28 сент. (19 авг. / 19 окт.)	05 окт. (24 авг. / 28 окт.)	05 окт. (16 сент. / 22 окт.)
Дата образования устойчивого снежного покрова: средняя (ранняя / поздняя)	11 окт. (26 сент. / 26 окт.)	17 окт. (30 сент. / 01 нояб.)	15 окт. (02 окт. / 02 нояб.)
Дата разрушения устойчивого снежного покрова: средняя (ранняя / поздняя)	15 мая (08 май / 03 июня)	08 мая (08 апр. / 28 мая)	13 мая (05 апр. / 02 июня)
Дата схода снежного покрова: средняя (ранняя / поздняя)*	26 мая (15 мая / 05 июня)	17 мая (29 апр. / 16 июня)	19 мая (01 мая / 03 июня)
Средняя продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, сут.	226	204	211

Примечание: *За такую дату принимается день, когда от снега очищается более 60% площади в районе пункта наблюдений (Климат России, 2011)

снежные зимы — до 1 м) к середине апреля (Климат России, 2011). Но бывают настолько малоснежные зимы, что наибольшая высота снежного покрова по постоянной рейке не превышает 20 см. Сходит снег во второй декаде мая. Обычно это происходит за 10 дней (табл. 6). Таким образом, снежный покров в бассейне реки держится более 7 месяцев (на хребтах значительно дольше).

Ветры в верхней части речного бассейна довольно слабые — среднегодовая скорость ветра в этом районе меньше 2 м/с (табл. 7), а количество дней с очень сильным ветром (более 15 м/с) за год обычно не превышает 5 случаев (табл. 8). В нижнем течении реки ветры значительно сильнее. Зимой это особенно заметно, поскольку с января по март средняя скорость ветра в этом районе достигает годового максимума и составляет ~6 м/с (табл. 7). При этом ~1/3 периода с января по март приходится на дни с очень сильным (более 15 м/с) ветром (табл. 8). В целом, в бассейне р. Пенжины преобладает северное направление ветра. При повороте ветра к востоку (со стороны Берингова моря) происходит его усиление, наплыв облачности и повышение температуры (Кондратюк, 1974).

Метели в верхней части бассейна случаются редко, обычно не чаще одного раза в месяц (табл. 9). В нижнем течении реки с декабря по февраль бывает по 8 дней с метелью ежемесячно. А максимальное количество дней с метелью может достигать 18–21 случаев в месяц (табл. 9). Средняя продолжительность метелей — наибольшая на всей Камчатке (Кондратюк, 1974) и с октября по

апрель достигает 10–13 часов в день с метелью (Климат России, 2011).

Весна короткая и дружная: в среднем продолжается от 2 недель в верхней части бассейна до 1 мес. в его нижней части (табл. 3). Обычно весна начинается в середине мая: в это время разрушается устойчивый снежный покров. Заканчивается она в конце мая в верхней части бассейна и на исходе первой декады июня в нижней части (в это время средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 10 °С). Осадков весной выпадает очень мало: менее 15–20 мм (табл. 5).

Снег на равнинах сходит очень быстро: уже во второй половине мая от него освобождается более половины этой части речного бассейна (табл. 6). В горах снег лежит значительно дольше; возможно, что в защищенных от солнца местах он может сохраняться до следующей зимы.

Ветер весной слабее, чем зимой, но сильнее, чем в летний период. Это заметно и по величинам средней месячной скорости ветра, и по количеству дней с сильным ветром (табл. 7 и 8).

Лето в бассейне р. Пенжины, по сравнению с другими районами Камчатки, продолжительное (более 2,5 месяцев, с первой декады июня до конца августа, табл. 3) и теплое. Связано это с относительно слабым влиянием Берингова и Охотского морей и довольно большим количеством радиационного тепла. Самый теплый месяц в году — июль, в это время средняя месячная температура воздуха достигает 13–14 °С (табл. 4). При этом днем воздух в среднем прогревается до 18–19 °С.

Таблица 7. Средняя скорость ветра (м/с) по месяцам и за год в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Пункт	Период												
	январь	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.	год
Верхнее Пенжино	1,8	1,8	1,6	1,7	1,5	1,9	1,6	1,6	1,6	1,4	1,7	1,6	1,7
Слаутное	3,8	4,3	4,1	3,6	3,5	3,4	3,0	2,8	2,5	2,8	3,2	3,2	3,4
Каменское	5,6	6,2	5,6	4,6	4,1	3,6	3,1	3,2	3,1	3,9	4,8	4,9	4,4

Таблица 8. Среднее число дней с сильным ветром (более 15 м/с) в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Пункт	Период												
	январь	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.	год
Верхнее Пенжино	0,6	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,1	0,5	0,6	4,9
Слаутное	6,2	6,4	5,7	3,5	1,5	0,9	0,5	0,8	0,4	1,4	4,0	4,6	34,6
Каменское	8,3	10,1	8,7	6	3,1	1,6	1,1	2,3	1,9	3,4	6,9	6,6	56,5

Таблица 9. Среднее количество дней (сут.) с метелью в бассейне р. Пенжины по данным (Климат России, 2011) (период наблюдений см. в табл. 2)

Пункт	Период									
	окт.	нояб.	декаб.	январь	фев.	март	апр.	май	зима	
Верхнее Пенжино	0,3	1	1	1	1	1	0,4	0,2	4	
Слаутное	1	3	4	4	4	3	2	0,1	22	
Каменское*	3 (11)	7 (21)	8 (21)	8 (18)	8 (19)	6 (15)	4 (11)	1 (3)	45	

Примечание: *В скобках указано максимальное количество дней с метелью

В некоторые годы в самые жаркие дни температура воздуха может повышаться до 30 °С и более (см. табл. 1).

В летний период осадки в бассейне реки выпадают в основном в виде ливней на холодных фронтах и иногда сопровождаются грозами. Суточный максимум осадков в среднем составляет 10–20 мм, но иногда может достигать 40 мм (Кондратюк, 1974). Всего с июня по август выпадает 110–140 мм осадков. В августе отмечается годовой их максимум, равный 40–60 мм в среднем за месяц (табл. 5).

В ветровом отношении лето — самый тихий сезон года: средняя месячная скорость ветра в июле и августе составляет 1,6 м/с в верховьях реки и 3,2 м/с в ее нижнем течении (табл. 7). При этом довольно четко прослеживается суточный ход скорости ветра с его усилением в послеполуденные часы. При прохождении холодных фронтов возможно усиление ветра до 20–24 м/с (Кондратюк, 1974). Повторяемость направлений ветра зависит от ориентации речной долины в данном месте. В нижнем течении р. Пенжины преобладают ветры западной четверти (ветры южной периферии неглубоких циклонов термического происхождения).

Туманы в бассейне р. Пенжины довольно редки, и лишь на побережье Пенжинской губы их повторяемость может достигать 5–10 дней за лето (Кондратюк, 1974).

Осень в бассейне р. Пенжины довольно непродолжительная (менее 1,5 месяцев), длится с первых чисел сентября до середины октября (табл. 3). В целом осень характеризуется резким понижением температуры, которая уже в сентябре опускается до 0 °С. В первых числах октября выпадает первый снег, а к середине месяца устанавливается устойчивый снежный покров (табл. 6). Всю первую половину октября обычно стоит пасмурная холодная и ветреная погода (Кондратюк, 1974). По сравнению с другими районами Камчатки, осенних осадков в бассейне р. Пенжины выпадает немного: в сентябре их сумма составляет от 34 мм в верхней части бассейна до 47 мм в его нижней части

(табл. 5). В сентябре еще бывают ливни, норма максимальных суточных осадков в этом месяце достигает 14 мм (Климат России, 2011).

Гидрологический режим р. Пенжины

Общая информация и гидрологическая изученность. Пенжина по площади своего водосбора (73 500 км²) является самой большой рекой Камчатского края. По величине среднего многолетнего расхода воды (682 м³/с в створе «Каменское») она уступает лишь р. Камчатке (892 м³/с, «Большие Щеки»).

В непосредственной близости от р. Пенжины протекают две относительно большие реки: Таловка и Парень (рис. 5, табл. 10). Сама Пенжина принимает множество притоков, самые большие из которых — реки Оклан и Белая (рис. 5, табл. 10).

В настоящее время в бассейне р. Пенжины находится пять населенных пунктов (рис. 5): Манилы (12 км от устья, 800 жителей), Каменское (66 км, 700 жителей), Оклан (119 км, 70 жителей), Слаутное (255 км, 300 жителей) и Аянка (344 км, 300 жителей).

Р. Пенжина судоходна до Аянки. В Манилах находится портпункт, принимающий морские суда (порта как такового нет: суда подходят к берегу реки на приливе, а затем на отливе сохнут для разгрузки). Дорожная сеть в речном бассейне почти не развита: грунтовая дорога есть только между селами Манилы и Каменское, в других местах проходят лишь зимники. Большинство грузов в села завозится морскими (до Манил), а затем речными (выше Манил) судами. Пассажирские перевозки осуществляются вертолетами.

На рис. 5 показано местоположение всех гидрологических постов, которые когда-либо существовали в бассейне р. Пенжины и поблизости от него. В табл. 11 представлены сведения о составе и продолжительности наблюдений на этих постах.

Из табл. 11 следует, что в настоящее время в бассейне р. Пенжины работают лишь 3 уровенных поста («Аянка», «Каменское» и «Оклан»). Все ранее действовавшие стоковые посты, один из которых работал без перерывов более 50 лет, закрыты

Таблица 10. Основные морфометрические характеристики крупнейших рек Пенжинского района (Ресурсы..., 1966)

Река	Характеристика		
	Куда впадает	Площадь водосбора, км ²	Длина, км
Пенжина	Пенжинская губа	73 500	713
Оклан	Пенжина (справа, 97 км от устья)	12 600	272
Белая	Пенжина (слева, 77 км от устья)	13 800	304
Таловка	Пенжинская губа	24 100	458
Тылхой	Пенжинская губа	5950	180
Парень	Пенжинская губа	13 200	310

(ныне действующий стоковый пост на р. Манилы во внимание не принимается, поскольку данные с него характеризуют режим только этого перемерзающего зимой и пересыхающего летом малого водотока). В непосредственной близости от бас-

сейна р. Пенжины находится всего один пост («Таловка», рис. 5 и табл. 11), который раньше был стоковым, а в последние годы стал уровенным.

Таким образом, наблюдения за стоком воды в бассейне р. Пенжины в настоящее время отсут-

Рис. 5. Схема расположения пунктов гидрологических наблюдений в бассейне р. Пенжины и на прилегающей к нему территории: 1 — стоковые посты; 2 — уровенные посты (цветной заливкой показаны те же орографические зоны, что и на рис. 3; пояснения о состоянии постов и периодах наблюдений — табл. 11)

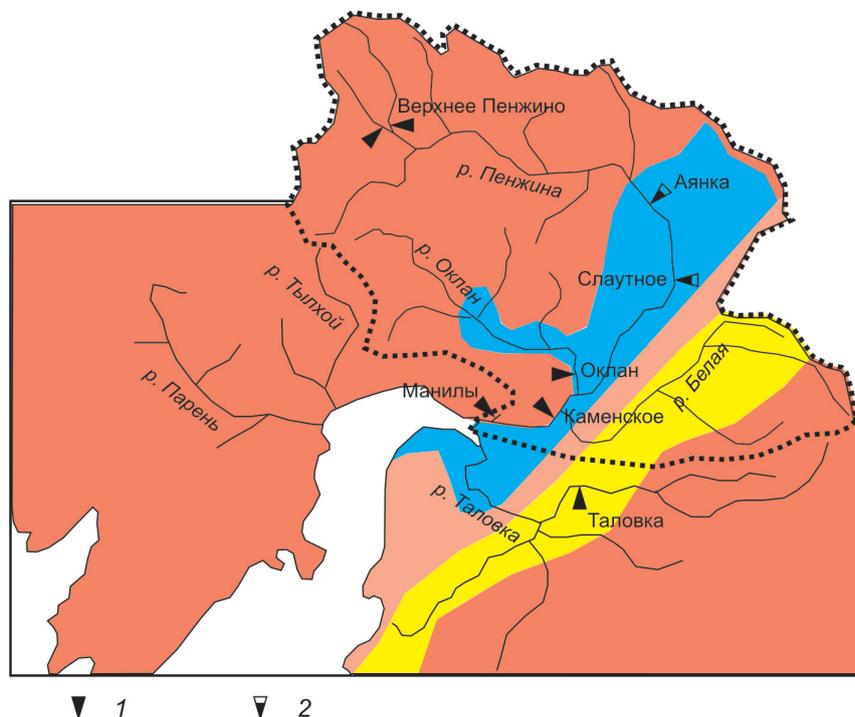


Таблица 11. Сведения о составе и продолжительности наблюдений на гидрологических постах в бассейне р. Пенжины и на прилегающей к нему территории

Пункт	Река	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период измерений расходов воды (Q)	Период измерений уровня воды (H)	Состояние поста
Посты на р. Пенжине						
Верхнее Пенжино	Пенжина	604	3620	1969–1974 1978–2010(?)	1970–1974 1978–2010 (?)	закрыт
Аянка	Пенжина	344	27 400	нет	1963–1967 с 1980-х (?)	действует (H)
Слаутное	Пенжина	255	34 400	нет	1964–2005	закрыт
Каменское	Пенжина	65	71 600	1957–2012	1957–2012, с 2015	действует (H)
Посты на притоках р. Пенжины						
Верхнее Пенжино	Куньвоем (пр. приток р. Пенжины)	0,6	1010	1979–2010 (?)	1970–1978 (с перерывами) 1979–2010 (?)	закрыт
Оклан	Оклан (пр. приток р. Пенжины)	22	12 400	с 1958 до 2000-х (?)	с 1958	действует (H)
Посты на больших реках, которые могут быть аналогами для гидрологических расчетов						
Таловка	Энычаваям (исток р. Таловки)	88	5820	с 1959 г. до 2000-х (?)	с 1959	действует (H)
Посты на малых реках в бассейне р. Пенжины						
Каменское Руч. без названия*		0,6	10,1	1959–2012	1960–2012	закрыт
Манилы	Манилы** (пр. приток р. Пенжина)	2,2	191	с 1965	с 1973	действует (H, Q)

Примечания: *Выше поста на ручье находятся водохранилище и место сброса сточных вод; **р. Манилы в створе поста зимой перемерзает, а летом может пересыхать. Кроме этого, ниже створов поста (их 3) регулярно отбирают грунт для строительных нужд

ствуют. Более того, на сопредельной с ним территории нет ни одного действующего стокового поста, который можно было бы использовать в качестве аналога.

Что касается работы стоковых постов в прошлом, то их данных недостаточно для характеристики гидрологического режима водотоков во всех орографических зонах бассейна р. Пенжины (рис. 5). В частности, сетевые наблюдения никогда не проводились на р. Белая — крупнейшем притоке Пенжины. В то же время, имеющихся сведений вполне достаточно для исчерпывающей характеристики гидрологического режима р. Пенжины в вершине ее устьевой области (в створе «Каменское»). Здесь уместно сказать о большой продолжительности (56 лет: с 1957 по 2012 гг.) и репрезентативности ряда наблюдений на этом посту. Последнее было подтверждено результатами статистического анализа ряда наблюдений, который показал его однородность (по критериям Фишера, Стьюдента и Колмогорова-Смирнова) и независимость (по критериям серий, Спирмена и Андерсона).

Норма годового стока и ее многолетняя изменчивость. В таблице 12 представлены средние многолетние характеристики водного стока р. Пенжины в замыкающем створе «Каменское». Следует отметить, что этот створ находится на 10 км выше предела проникновения приливных колебаний уровня воды, поэтому гидрологические характеристики, рассчитанные по его данным, адекватно отражают влияние речных факторов на верхней границе устьевой области.

В таблице 12 обращают на себя внимание следующие факты:

- Модуль и слой стока р. Пенжины намного меньше, чем у других рек Камчатки. Очевидно, это объясняется соответствующей разницей в количестве осадков.
- Максимальные годовые расходы воды в р. Пенжине в 2,5 раза больше, чем в р. Камчатке, и по этому показателю Пенжина не имеет себе равных во всем Камчатском крае.
- В р. Пенжине средний максимальный расход воды на пике половодья в 10 раз больше, а средний минимальный расход воды в зимнюю межень в 35 раз меньше, чем средний годовой расход. По этому соотношению Пенжина намного ближе к рекам арктического побережья России (Мезень, Яна, Индигирка и Колыма), чем к другим рекам Камчатки.
- В 1989–2012 гг. годовой сток воды в р. Пенжине был меньше, чем за 1957–1980 гг. Возможно, это связано с уменьшением половодного стока, о чем свидетельствует соответствующее снижение максимальных расходов воды на пике половодья. Вместе с тем, в последнее время минимальные расходы воды в зимнюю межень стали больше, чем были в 1957–1980 гг.

Вывод о снижении водности р. Пенжины в последние десятилетия подтверждается на разностной интегральной кривой (рис. 6) и графике многолетних колебаний годового стока (рис. 7). По ним видно, что в 1960-е гг. доминировали многоводные годы, в 1970-е гг. годовой сток колебался около своей нормы; в 1980–1990-е гг.

Таблица 12. Основные характеристики водного стока р. Пенжины (пост «Каменское», 65 км от устья реки)*

Характеристика	Период		
	1957–1980**	1989–2012***	1957–2012
Годовой расход воды, м ³ /с:	723	655	682
средн. (макс./мин.)	(1120 / 443)	(978 / 491)	
Годовой модуль стока, л/(с км ²)	10,1	9,15	9,53
средн. (макс./мин.)	(15,6 / 6,19)	(13,7 / 6,86)	
Годовой слой стока, мм:	318	288	300
средн. (макс./мин.)	(491 / 195)	(431 / 216)	
Годовой объем стока, км ³ :	22,8	20,7	21,5
средн. (макс./мин.)	(35,3 / 14,0)	(30,8 / 15,5)	
Наибольший расход половодья, м ³ /с:	7060	6295	6644
средн. (макс./мин.)	(11 700 / 4620)	(9500 / 4350)	
Наибольший расход наиболее значительного дождевого паводка (июль–сент.), м ³ /с: средн. (макс./мин.)	нет сведений	2721 (5030 / 802)	–
Наименьший суточный расход воды в период открытого русла (июль–сент.), м ³ /с:	363	366	365
средн. (макс./мин.)	(687 / 199)	(697 / 234)	
Наименьший суточный расход зимней межени, м ³ /с:	20,2	20,6	20,4
средн. (макс./мин.)	(35,0 / 8,93)	(36,4 / 11,0)	

Примечания: *Коэффициент стока рассчитать не удалось из-за нерепрезентативности данных об осадках; **По (Многолетние данные., 1985); ***Рассчитано по ряду суточных расходов воды, предоставленному Камчатским УГМС

наметилось преобладание маловодных годов над многоводными, которое заметно усилилось в 2000-е гг. При этом величина межгодовых коле-

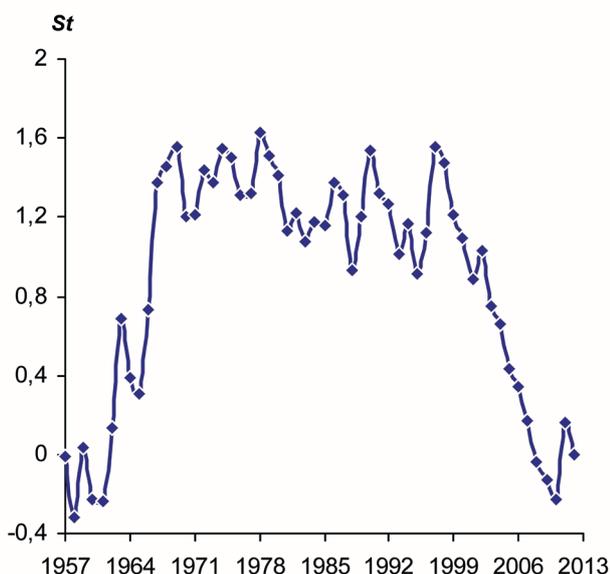


Рис. 6. Разностная интегральная кривая колебаний годового стока р. Пенжины (пост «Каменское», 1957–2012 гг.): повышение кривой показывает, что в данный период времени средний годовой сток воды был выше своей многолетней нормы; понижение кривой соответствует периодам времени, когда средний сток воды был меньше нормы

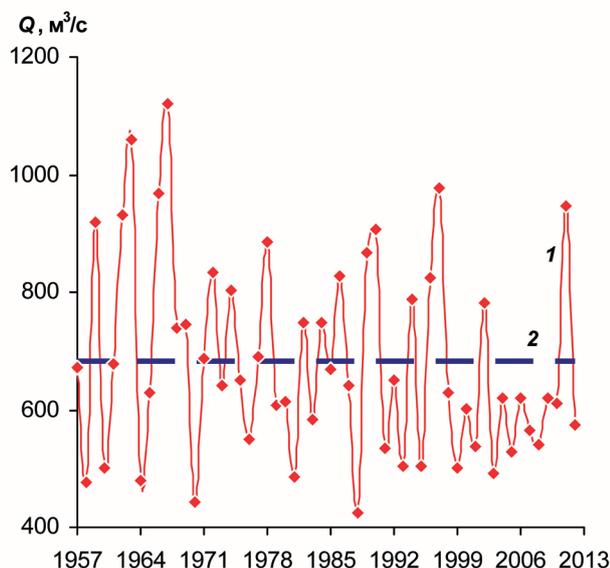


Рис. 7. Многолетние колебания годового стока р. Пенжины (1957–2012 гг., пост «Каменское»): 1 — средние годовые расходы воды; 2 — средний многолетний расход воды

Таблица 13. Характерные величины средних месячных расходов воды в р. Пенжине за многолетний период (пост «Каменское», 1957–2012 гг.)

Расход воды	Период											
	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Средний, м³/с	34,2	26,0	22,3	25,4	803	3824	1095	888	930	379	102	55,6
Наибольший, м³/с *	67,3	52,0	40,1	55,5	4200	7330	2820	2130	2530	1000	200	91,3
Наименьший, м³/с *	12,9	10,9	9,3	11,2	51,7	1720	438	259	285	107	48,1	20,9

Примечание: *Из средних месячных за многолетний период

баний стока в 1960-е гг. была намного больше, чем в последующие десятилетия. Главная причина снижения годового стока речной воды — уменьшение сумм осадков. Эти тенденции очень похожи на те, что мы ранее выявили для бассейна р. Хайрюзова. Отсюда следует, что они обусловлены воздействием крупномасштабных метеорологических процессов, а не местными факторами.

Возвращаясь к анализу ряда средних годовых расходов воды р. Пенжины в створе «Каменское», приведем его главные статистические характеристики. В целом за 1957–2012 гг. линейное отклонение величин среднегодовых расходов воды (среднее из модулей их отклонений от нормы) составляет 136 м³/с, стандартное отклонение (несмещенная оценка средней квадратичной ошибки) — 167 м³/с, а коэффициент вариации годового стока — 0,24.

Внутригодовое распределение стока воды. Из данных таблицы 13 и рисунка 8 следует, что для р. Пенжины характерна очень низкая и устойчивая зимняя межень, которая обычно продолжается более 6,5 месяцев (со второй половины октября до

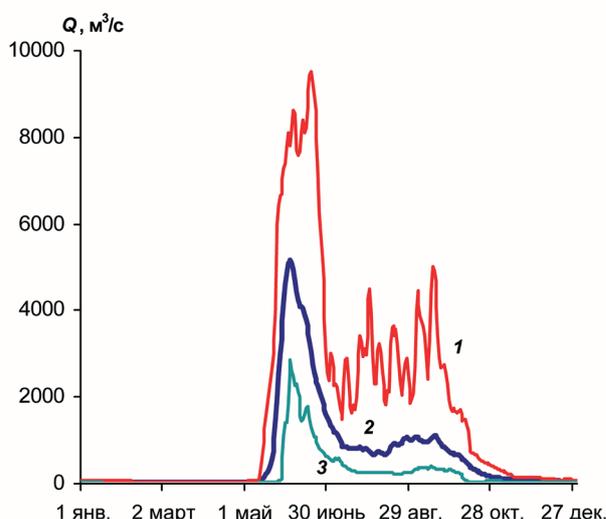


Рис. 8. Характерные величины суточных расходов воды в р. Пенжине за многолетний период (1989–2012 гг., пост «Каменское»): 1 — максимальные для данных суток из всего ряда многолетних наблюдений; 2 — средние для каждых суток; 3 — минимальные для данных суток из всего ряда многолетних наблюдений

середины мая). В этот сезон средние месячные расходы воды обычно намного меньше 100 м³/с. Минимальный годовой сток отмечается в марте, когда суточные расходы в среднем снижаются до 20,4 м³/с (табл. 12), а средний расход за месяц составляет 22,3 м³/с (табл. 13). Доля зимнего стока в годовом стоке воды в среднем составляет 3%.

Весеннее половодье на р. Пенжине обычно начинается в середине мая (рис. 8), в период активного таяния снега. В годы с ранней весной половодье начинается в последних числах апреля, в годы с поздней весной — в конце мая (Ресурсы..., 1973). Максимум половодья в среднем отмечается 12 июня (самая ранняя дата 2 июня, самая поздняя — 3 июля). Для волны половодья характерен очень крутой подъем: за 1 месяц расход воды в реке увеличивается в сотни раз (рис. 8). По-видимому, это связано с обычной для данного района дружной весной. Максимальный расход половодья (в среднем 6644 м³/с, табл. 12) почти всегда является наибольшим в году. В отдельные годы расход на пике половодья превышает 10 000 м³/с (табл. 12). Обычно у половодья один пик, но иногда бывает и два. Вероятно, что это объясняется наличием двух волн снеготаяния и/или интенсивными дождевыми паводками. Спад половодья положе подъема, нередко он осложнен дождевыми паводками (рис. 8). В норме половодье оканчивается в последних числах июля. Но иногда это происходит раньше или позже на две недели. Доля половодного стока в годовом стоке воды в среднем составляет 57%, и лишь в редких случаях объем половодья уступает объему летне-осенних паводков.

В июле–сентябре для р. Пенжины характерна достаточно высокая водность, которая обусловлена дождевыми паводками (табл. 13, рис. 8). И хотя в том или ином виде они бывают почти ежегодно, их количество, сроки прохождения и объем совокупного стока от года к году изменяются в широких пределах. Иногда летне-осенние паводки почти незаметны, а в другие годы они проходят

сплошной чередой от спада половодья до начала зимней межени. В редких случаях наибольшие расходы паводков могут быть сопоставимы с максимумами половодья. В целом, паводки на р. Пенжине могут случиться в любой из дней июля–сентября (рис. 8). Но все-таки периодом их устойчивой активизации можно считать вторую половину августа – первую половину сентября. С началом холодного периода (в первой половине октября) активность дождевых паводков заметно снижается. Минимальный расход воды в июле–сентябре в среднем составляет 365 м³/с, что в 15–20 раз больше, чем в зимнюю межень (табл. 12). Доля стока за июль–октябрь в годовом стоке воды в среднем составляет 40%.

Резюмируя, можно сказать, что для водного режима р. Пенжины характерны следующие фазы гидрологического режима:

- высокое весенне-летнее половодье (в мае–июне);
- многоводный летне-осенний период с паводками (с июля до первой половины октября);
- устойчивая, затяжная и очень низкая зимняя межень (со второй половины октября до первой половины мая).

Уровень воды. В нижнем течении р. Пенжины уровень воды изменяется почти синхронно с колебаниями ее водности. Эта закономерность отличает Пенжину от рек более южных районов Камчатского края, для которых характерны значительные подъемы уровня, связанные с влиянием ледовых явлений в холодное время года и древесных завалов в теплый период.

Во время длительной зимней межени (со второй половины октября до первой половины мая) уровень воды в р. Пенжине находится на самых низких годовых отметках: в среднем 290–318 см усл. (от нуля графика поста, табл. 14). Со второй половины мая до середины июня (иногда раньше или позже на 1–2 недели) в реке поднимается волна половодья; уровень воды в ней резко повышается. В среднем величина подъема составляет 5,2 м (до отметки 842 см усл.). В

Таблица 14. Характерные отметки уровня воды в р. Пенжине за многолетний период (пост «Каменское», 1990–2012 гг.)

Отметка уровня, см усл.*	Период											
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Средняя	291	297	307	318	453	659	423	396	422	325	315	300
Средняя максимальная	298	303	314	324	774	842	546	512	515	395	338	313
Средняя минимальная	284	292	300	313	323	482	350	328	357	275	283	286
Наивысшая	361	347	365	373	971	1021	678	690	785	533	404	400

Примечание: *Отметки приведены в условной системе отсчета, принятой на посту «Каменское» (от нуля графика поста)

годы с низким половодьем подъем уровня воды не многим превышает 4 м, а в годы с высоким половодьем достигает 6,5 м (до 1021 см усл.). Спад половодья обычно продолжается до конца июля или до первых чисел августа, к этому времени отметки уровня снижаются до 330–350 см усл. Но уже во второй половине августа и в сентябре на реке проходят дождевые паводки. При этом максимальный подъем уровня над предпаводочным горизонтом в среднем составляет 1,9 м (до отметки 515 см усл.). Иногда отметки паводочных максимумов выше исходного уровня на 4,3 м и достигают 785 см усл. В редкие годы величина паводков не превышает 0,5–1 м. В конце сентября и первой половине октября их интенсивность идет на убыль: к концу октября отметки уровня воды опускаются ниже 300 см усл. (табл. 14).

Величины диапазона годовых колебаний уровня (разности между максимальными и минимальными значениями уровня воды) в р. Пенжине составляют: средняя за многолетний период — 5,7 м; минимальная — 4,6 м; максимальная — 7,4 м.

Температура воды и ледовые явления. В таблице 15 приведены основные характеристики термического и ледового режима нижнего течения р. Пенжины (створ «Каменское») по двум перио-

дам, 1957–1980 гг. и 1990–2012 гг. Из данных таблицы следует, что:

- в последнее время весенний прогрев речной воды начинается на две недели раньше, а осеннее охлаждение заканчивается на неделю позже, чем в более ранний период;
- наряду с удлинением «теплого» периода выросла средняя месячная и максимальная суточная температура воды (на 0,8 и 0,5 °С соответственно) в самом теплом месяце года (июле);
- осенние ледовые явления на реке начинаются на 6 дней позже, а заканчиваются на 4 дня раньше, чем прежде.

Из сказанного выше следует, что в последние десятилетия вода в р. Пенжине потеплела. Скорее всего, это обусловлено общим потеплением климата в бассейне реки.

В настоящее время весенний переход температуры речной воды через 0,2 °С происходит в середине мая, одновременно с началом подъема волны половодья (табл. 15). До максимальных в году величин вода прогревается в июле, когда средняя температура воды составляет 14,3 °С, а максимальная суточная — 16,8 °С. Уже с первых чисел августа речная вода начинает охлаждаться,

Таблица 15. Основные характеристики термического и ледового режимов р. Пенжины (пост «Каменское»)

Характеристика	Период	
	1957–1980*	1990–2012**
<i>Термический режим</i>		
Дата весеннего перехода температуры воды через 0,2 °С: средняя (ранняя / поздняя)	29 мая (19 мая / 5 июня)	15 мая (5 мая / 27 мая)
Дата осеннего перехода температуры воды через 0,2 °С: средняя (ранняя / поздняя)	12 окт (1 окт. / 23 окт.)	18 окт (9 окт. / 8 нояб.)
Средняя температура воды в июле, °С: средняя (наименьшая / наибольшая)	13,5 (11,1 / 15,1)	14,3 (12,7 / 17,0)
Дата максимального прогрева воды: средняя (ранняя / поздняя)	23 июл (12 июня / 15 авг.)	27 июл (4 июля / 16 авг.)
Максимальная суточная температура воды в году, °С: средняя (наименьшая / наибольшая)	16,3 (13,7 / 18,0)	16,8 (14,6 / 19,4)
<i>Ледовый режим</i>		
Характер ледостава	устойчивый	
Дата начала осенних ледовых явлений: средняя (ранняя / поздняя)	8 окт. (25 сент. / 23 окт.)	14 окт. (1 окт. / 29 окт.)
Дата начала ледостава: средняя (ранняя / поздняя)	17 окт. (3 окт. / 29 окт.)	20 окт. (8 окт. / 4 нояб.)
Период с максимальной толщиной льда	20 марта – 30 апр.	
Максимальная за зиму толщина льда, см: средняя (наименьшая / наибольшая)	147 (104 / 230)	–
Дата начала весенних ледовых явлений: средняя (ранняя / поздняя)	16 мая (1 мая / 31 мая)	14 мая (30 апр. / 28 мая)
Дата окончания ледовых явлений: средняя (ранняя / поздняя)	1 июня (23 мая / 10 июня)	28 мая (24 мая / 5 июня)
Продолжительность ледостава, сут.: средняя (наименьшая / наибольшая)	211 (191 / 238)	207 (190 / 227)
Продолжительность ледовых явлений, сут.: средняя (наименьшая / наибольшая)	237 (221 / 249)	227 (214 / 243)

Примечания: * По (Многолетние данные..., 1985); ** Рассчитано по данным сетевых наблюдений, предоставленным Камчатским УГМС

и в середине октября ее температура опускается ниже 0,2 °С.

В последние годы первые ледовые явления на реке наблюдаются в середине октября (табл. 15). В среднем через неделю на реке устанавливается ледостав, который устойчиво сохраняется в течение всей зимы. Разрушение ледяного покрова обычно начинается в середине мая, к концу месяца нижнее течение реки полностью очищается ото льда.

Первые сведения о гидрологических процессах в эстуарии р. Пенжины

В теоретическом отношении исследования в эстуарии р. Пенжины опирались на следующее определение (Михайлов, Горин, 2012): «Эстуарий — это полузамкнутая система водотоков и водоемов в пределах устьевой области реки, которая хотя бы периодически сообщается с открытым морем и внутри которой в результате смешения пресных и солоноватых (или соленых) водных масс не менее одного сезона в году существует барьерная зона («эстуарный барьер») с изменением солености воды от 1 до 8‰».

В соответствии с этим представлением, в 2014 г. основные силы гидрологической партии экспедиции были сосредоточены на исследованиях той части устьевой области р. Пенжины, в которой находился эстуарный барьер: в нижнем ее течении и в северо-восточной («култучной») части Пенжинской губы (см. рис. 1, 2).

Несколько слов о составе устьевой области р. Пенжины и месте в ней эстуария. Верхняя (речная) граница устьевой области реки (УОР) проходит по створу, который соответствует пределу проникновения в реку приливных колебаний уровня воды. В августе 2014 г. эта граница находилась в 52 км от устьевого створа реки. Нижняя (морская) граница УОР соответствует предельному положению поверхностной изогалины 25‰. Во время наших исследований удалось выяснить только то, что в приливную фазу она находилась в северной части Пенжинской губы, примерно в 60 км от устья реки. Очевидно, что в отливную фазу она должна была смещаться дальше на юг. Эстуарием р. Пенжины можно считать «култучную» часть Пенжинской губы, а также прилегающие к ней части речного русла и северной части губы, в которых соленость воды имела выраженную приливную изменчивость.

Промеры глубин показали, что в русле р. Пенжины, в 6 км от ее устьевого створа, находится

порог, который ограничивает проникновение приливов вверх по реке. Кроме того, на нижнем участке реки (между 25 и 52 км от ее устьевого створа) есть еще четыре мощных переката, каждый из которых «срезает» некоторую часть кривой приливных колебаний уровня. «Култучная» часть Пенжинской губы представляет собой мелководную акваторию, на большей части которой глубины в низкие малые воды не превышают 4–6 м (в полные воды глубины становятся больше на величину прилива). От устьевого створа р. Пенжины к проливу между островами Орночка и Аппапель (см. рис. 1) тянется ложбина, в пределах которой глубины достигают 8–17 м в низкие малые воды. Несмотря на очень большую величину приливов, площадь осушек в «култучной» части губы относительно невелика: основная их часть находится около устья р. Таловки, вблизи мест впадения в губу немногочисленных ручьев, а также в относительно узкой прибрежной полосе вдоль обрывистых берегов губы. В северной части Пенжинской губы глубины в отлив в основном составляли 15–20 м и более. При этом севернее о. Орночка и у северо-западного берега губы широко распространены мелководья и приливные осушки.

Измерения уровня воды позволили установить следующее. В «култучной» части Пенжинской губы максимальная величина прилива в июле 2014 г. достигала 12 м. В августе величина приливов изменялась от 5 м в квадратуры до 8–10 м в сизигии (рис. 9). В устьевом створе реки приливы были незначительно меньше морских. Но уже в 11 км от устья их величина уменьшалась до 3,1–3,5 м в квадратуры и 5,5–6,5 м в сизигии (75% морской величины). В основном это происходило благодаря «срезанию» нижней части приливной кривой на пороге. В 21 км от устья величина приливов не превышала 1,5–1,8 м в квадратуры и 3,7–4,5 м в сизигии (около 60% морской величины). И так же, как и в предыдущем случае, уменьшение приливов происходило из-за их «срезания» в малые воды. По мере удаления от устьевого створа приливы продолжали интенсивно затухать. В результате, в период наших наблюдений предельная дальность их проникновения в р. Пенжину не превышала 52 км (рис. 9).

Помимо уменьшения величины, приливы в нижнем течении реки перекашивались: подъем уровня в приливную фазу продолжался всего лишь ~3 ч, его падение в отливную фазу занимало

~6 ч, а все остальное время суток уровень воды здесь был квазипостоянным (рис. 9). Также было отмечено, что в устье р. Пенжины отсутствует явление приливной накачки, характерное для тех эстуариев Камчатки, в состав которых входят лагунные водоемы (Горин, 2012).

Наблюдения за соленостью воды на автоматических постах (рис. 1) помогли выяснить, что во второй половине лета 2014 г. (на спаде половодья, когда расходы речной воды составляли 700–800 м³/с) вся «култучная» часть Пенжинской губы постоянно находилась в пределах подвижной зоны смешения речных и морских вод. Так в районе о. Орночка соленость воды колебалась в зависимости от смены фаз приливов от 6 до 14‰ у дна (рис. 10) и от 4 до 11‰ у

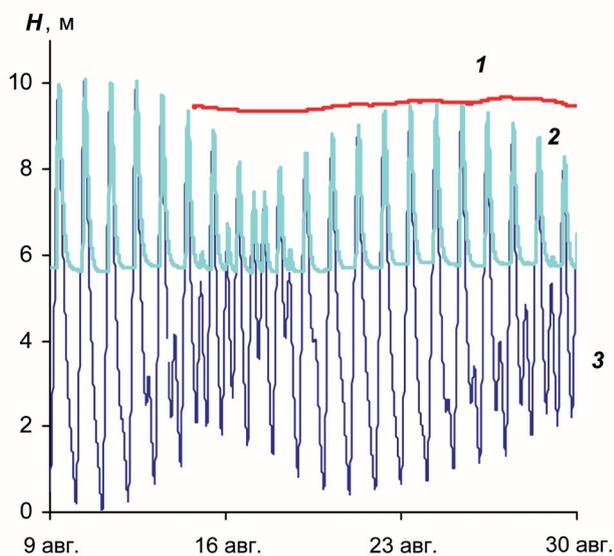


Рис. 9. График колебаний уровня воды в устьевой области р. Пенжины в августе 2014 г.: 1 — в р. Пенжине в 52 км от ее устьевого створа; 2 — в реке в 21 км от ее устья; 3 — в Пенжинской губе (в районе о. Орночка) (положение постов наблюдений см. на рис. 1)

поверхности. А в непосредственной близости от реки (в 5 км от ее устья) соленость воды в губе изменялась от 0 до 6–9‰ как у дна (рис. 10), так и у поверхности. В речном русле выше порога соленость воды почти не зависела от приливов и оставалась на минимальном уровне: в 11 км от устьевого створа реки она лишь изредка немного повышалась во время наступления максимумов наиболее высоких приливов, а на более удаленных от моря участках реки постоянно была меньше 1‰.

Гидрологические съемки позволили уточнить положение речной границы зоны смешения (ЗС), определить морскую границу ЗС, а также оценить динамику таких гидрологических характеристик, как мутность, скорость и направление течения воды. Оказалось, что в период наших наблюдений осолоненные воды проникали в речное русло только в приливную фазу: в квадратуры они достигали порога и там задерживались, а в сизигии перетекали через него и распространялись до 10–12 км от устьевого створа реки. Именно на этих рубежах у дна было зафиксировано предельное положение изогалины 1‰, принимаемой в качестве речной границы ЗС (Михайлов, Горин, 2012). В малые воды осолоненные воды почти полностью вытеснялись за пределы «култучной» части Пенжинской губы (мористее о. Аппапель, рис. 11). Что касается морской границы ЗС, которая соответствует поверхностной изогалине 25‰ (Михайлов, Горин, 2012), то в силу технических сложностей нам удалось определить ее положение только в приливную фазу. В полные воды сизигийных и квадратурных приливов она находилась примерно в 50–60 км от устьевого створа реки (рис. 11). То есть общая протяженность ЗС в эти периоды до-

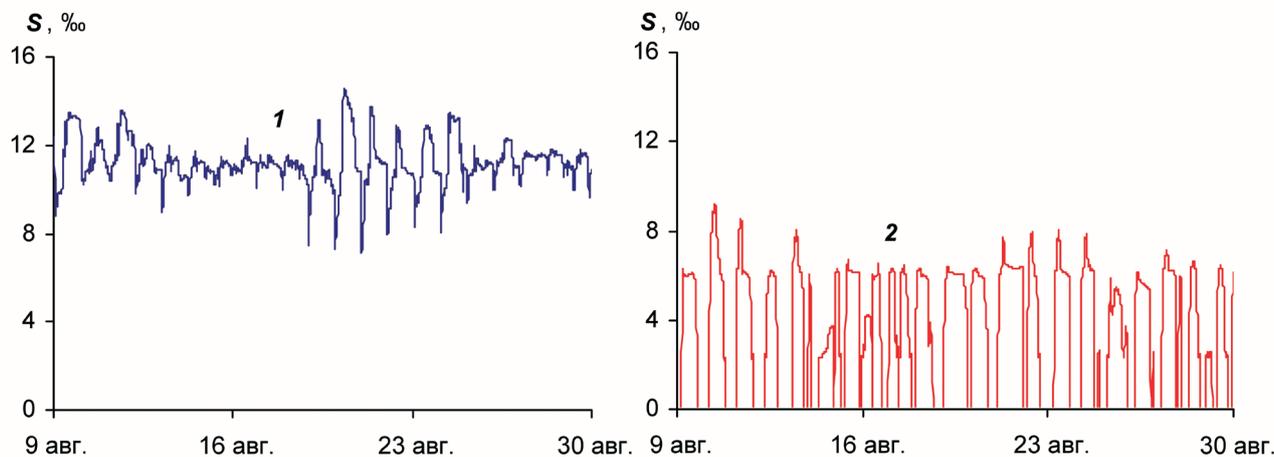


Рис. 10. Графики колебания солености воды в придонном горизонте Пенжинской губы: 1 — в 25 км от устьевого створа реки; 2 — в 5 км от устьевого створа реки (положение постов наблюдений см. на рис. 1)

стигала 70 км. Очевидно, что в малые воды морская граница ЗС смещалась на юг. К сожалению, осталось неизвестным то, насколько далеким было это перемещение. Вопрос о динамике морской границы ЗС предполагается решить с помощью полевых исследований 2015 г.

Во время гидрологических съемок обнаружилась существенная неоднородность поля солёности в северной части Пенжинской губы (мористее о. Аппапель): в полные воды у восточного берега губы находилась более солёная вода, чем у западного, а севернее о. Орночка скапливалась сильно опресненная вода. Кроме этого, было замечено, что вода у западного берега имела более высокую мутность, чем у восточного. При этом в начале отливной фазы первая текла на юг, а вторая — на север. И лишь спустя некоторое время течение у восточного берега поворачивало в южную сторону, на отлив. Следует упомянуть, что на автоматическом посту, установленном у южного берега «култучной» части Пенжинской губы (пост «15 км», см. рис. 1), солёность воды была немного больше, чем у северного берега. Судя по всему, это связано с затеканием более солёных вод со стороны открытой части Пенжинской губы.

В целом, динамика вод в северной части Пенжинской губы в августе 2014 г. представляется нам следующим образом. В прилив морская вода проникала в этот район вдоль восточного берега губы. Спустя некоторое время она затекала в «култучную» часть губы южнее о. Аппапель (рис. 11). Благодаря этому опресненная вода, накопившаяся в северной части губы во время отлива, сначала отжималась к ее западному берегу, а затем вытеснялась к северу от линии м. Этаучью – о. Аппапель. К моменту наступления полных вод, солёность воды между створами м. Обрывистый – м. Валиг-

жен на юге и м. Этаучью – о. Аппапель на севере плавно изменялась от 25 до 10–14‰. Севернее створа м. Этаучью – о. Аппапель солёность воды в полные воды составляла 10–14‰. В малые воды солёность воды здесь снижалась до 4–10‰.

Заканчивая обсуждение вопроса о солёности воды в устьевой области р. Пенжины, скажем о вертикальной стратификации вод. В русле реки существенных градиентов солёности не было. Причиной этого, по-видимому, были сильные стоковые и приливные течения, а также низкая солёность вод, проникающих в реку из «култучной» части губы. Собственно в «култучной» части Пенжинской губы возникновению устойчивой стратификации вод препятствовало постоянное ветровое перемешивание (хотя заметные градиенты солёности здесь время от времени появлялись). Этому процессу благоприятствовали сильные ветры и малые глубины акватории. В северной части губы стратификация вод была более явной: различия в солёности поверхностного и придонного горизонтов воды достигали 3–5‰, а иногда и более.

Во время полевых исследований была замечена очень высокая мутность воды в «култучной» части губы и нижнем течении р. Пенжины. Последующие наблюдения показали, что она, скорее всего, обусловлена интенсивным размывом береговых выходов глин на участке реки от порога до устьевого створа. Главным образом, это происходило в прилив, когда уровень воды в реке поднимался настолько, что обнажения глин становились доступными для сильных приливных течений. Эти же течения заносили сильно замутнённую воду вверх по реке на расстояние до 20–30 км от ее устьевого створа. В отлив вода с высокой мутностью вытекала в «култучную» часть Пенжинской губы. Отсюда, постепенно осветляясь, она выносилась в северную часть губы.

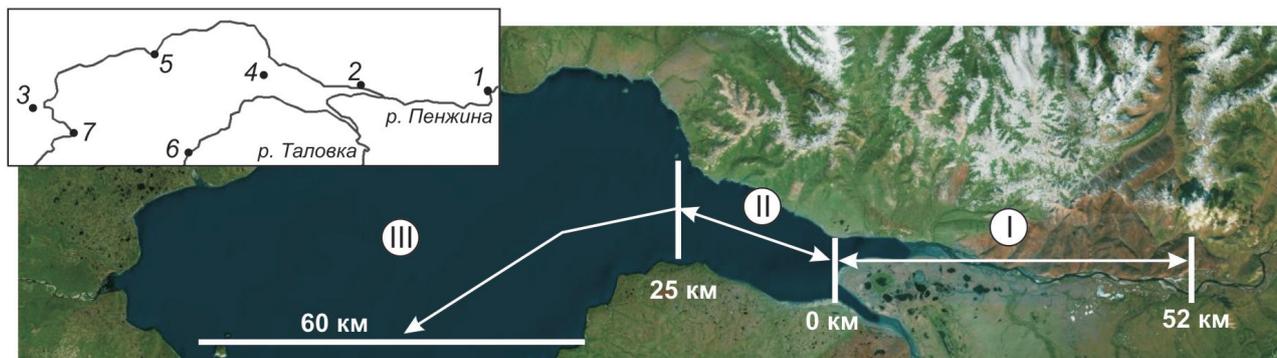


Рис. 11. Устьевая область р. Пенжины: 1 — с. Каменское; 2 — с. Манилы; 3 — с. Парень; 4 — о. Аппапель; 5 — м. Этаучью; 6 — м. Валигген; 7 — м. Обрывистый; I, II, III — гидрологические районы (пояснения в тексте)

Благодаря высоким приливам, в нижнем течении реки и в Пенжинской губе действуют сильные реверсивные течения. В районе 11 км от устьевого створа (рис. 2) скорость течений (как прямых в отливную фазу, так и обратных в приливную фазу) достигала 1,2–1,4 м/с. Выше по речному руслу максимальная скорость прямых течений не изменялась, а скорость обратных течений закономерно уменьшалась. В августе 2014 г. обратные течения в реке распространялись до 20–30 км от ее устьевого створа. В Пенжинской губе скорость течений в прилив и отлив превышала 1 м/с.

Таким образом, по совокупности гидрологических характеристик в устьевой области р. Пенжины во второй половине лета 2014 г. выделялось 3 района (рис. 11). Первый находился в русле р. Пенжины. Для него были характерны затухающие приливные колебания уровня (до 52 км от устьевого створа реки), периодические (возникающее в приливную фазу) обратные течения (до 20–30 км от устья), а также замутнение и осолонение воды в приливную фазу (до 20–30 и 5–10 км от устья соответственно). Второй район находился в «култучной» части Пенжинской губы. Его отличительными чертами были очень большие приливные колебания уровня (до 12 м), сильные реверсивные течения, значительные приливные колебания солёности воды (от 0 до 6–9‰ в районе устьевого створа реки и от 6 до 14‰ в районе о. Орночка), закономерное увеличение солёности в продольном направлении от реки к морю, а также интенсивное ветровое перемешивание водной толщи до дна. Третий район, который находился в северной части Пенжинской губы, отличался от предыдущего большей величиной солёности воды (до 25‰), меньшей глубиной ветрового перемешивания и существованием поперечной неоднородности в движении водных масс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Р. Пенжина по площади своего водосбора (73 500 км²) является самой большой рекой Камчатского края. По величине среднего многолетнего расхода воды (682 м³/с в замыкающем створе «Каменское») она уступает лишь р. Камчатке (892 м³/с, «Большие Щеки»). Для водного режима р. Пенжины характерны следующие фазы гидрологического режима: высокое весенне-летнее половодье (в мае–июне); многоводный летне-осенний период с паводками (с июля до первой половины октября); устойчивая,

затяжная и очень низкая зимняя межень (со второй половины октября до первой половины мая). Примечательно, что модуль и слой стока р. Пенжины (9,53 л/с км² и 300 мм соответственно) намного меньше, чем у других рек Камчатки, что объясняется соответствующей разницей в количестве осадков. Кроме этого, в р. Пенжине средний максимальный расход воды на пике половодья (6644 м³/с) в 350 раз больше, чем средний минимальный расход воды в зимнюю межень (21,5 м³/с). По этому соотношению Пенжина намного ближе к рекам арктического побережья России (Мезень, Яна, Индигирка и Колыма), чем к другим рекам Камчатки.

В 1960-е гг. на р. Пенжине доминировали многоводные годы. В 1970-е гг. ее годовой сток колебался около своей нормы, а в 1980–1990-е наметилось преобладание маловодных годов над многоводными, которое заметно усилилось в 2000-е гг. При этом величина межгодовых колебаний стока в 1960-е гг. была намного больше, чем в последующие десятилетия. По-видимому, главная причина снижения годового стока речной воды состоит в уменьшении сумм осадков.

В нижнем течении р. Пенжины уровень воды изменяется почти синхронно с колебаниями ее водности. Эта закономерность отличает Пенжину от рек более южных районов Камчатского края, для которых характерны значительные подъемы уровня, связанные с влиянием ледовых явлений в холодное время года и древесных завалов в теплый период. Величины сезонных колебаний уровня (разности между максимальными и минимальными годовыми уровнями воды) в р. Пенжине составляют: средняя за многолетний период — 5,7 м; минимальная — 4,6 м; максимальная — 7,4 м.

В настоящее время весенний переход температуры речной воды через 0,2 °С происходит в середине мая, одновременно с началом подъема волны половодья. До максимальных в году величин вода прогревается в июле, когда средняя температура воды составляет 14,3 °С, а максимальная суточная — 16,8 °С. Уже с первых чисел августа речная вода начинает охлаждаться, и в середине октября ее температура опускается ниже 0,2 °С. В последние годы первые ледовые явления на реке начинаются в середине октября. В среднем через неделю на реке устанавливается ледостав, который устойчиво сохраняется в течение всей зимы. Разрушение ледяного покрова обычно начинается в

середине мая, и к концу месяца нижнее течение реки полностью очищается ото льда.

В последние десятилетия вода в р. Пенжине потеплела: весенний прогрев речной воды начинается на две недели раньше, а осеннее охлаждение заканчивается на неделю позже, чем в более ранний период; наряду с удлинением «теплого» периода выросла средняя месячная и максимальная суточная температура воды (на 0,8 и 0,5 °С соответственно) в самом теплом месяце года (июле); осенние ледовые явления на реке начинаются на 6 дней позже, а заканчиваются на 4 дня раньше, чем прежде. Скорее всего, это обусловлено общим потеплением климата в бассейне реки.

Верхняя (речная) граница устьевой области р. Пенжины проходит по створу, который соответствует пределу проникновения в реку приливных колебаний уровня воды. В августе 2014 г. эта граница находилась в 52 км от устьевого створа реки. Нижняя (морская) граница УОР соответствует предельному положению поверхностной изогалины 25‰. Во время наших исследований удалось выяснить только то, что в приливную фазу она находилась в северной части Пенжинской губы, примерно в 60 км от устья реки. Очевидно, что в отливную фазу она должна была смещаться дальше на юг. Эстуарием р. Пенжины следует считать «култучную» часть Пенжинской губы, а также прилегающие к ней части речного русла и северной части губы, в которых соленость воды имела выраженную приливную изменчивость.

В русле р. Пенжины в 6 км от ее устьевого створа находится порог, который ограничивает проникновение приливов вверх по реке. Кроме этого, на нижнем участке реки есть еще 4 мощных переката, каждый из которых «срезает» некоторую часть кривой приливных колебаний уровня. «Култучная» часть Пенжинской губы представляет собой мелководную акваторию, на большей части которой глубины в низкие малые воды не превышают 4–6 м (в полные воды глубины становятся больше на величину прилива). От устьевого створа р. Пенжины к проливу между островами Орночка и Аппапель тянется ложбина, в пределах которой глубины достигают 8–17 м в низкие малые воды. Несмотря на очень большую величину приливов, площадь осушек в «култучной» части губы относительно невелика: основная часть осушек находится около устья р. Таловки, вблизи мест впадения в губу немногочисленных ручьев, а так-

же в относительно узкой прибрежной полосе вдоль обрывистых берегов губы. В северной части Пенжинской губы глубины в отлив в основном составляли 15–20 м и более. При этом севернее о. Орночка и у северо-западного берега губы широко распространены мелководья и приливные осушки.

Во второй половине лета 2014 г. в устьевой области р. Пенжины выделялось 3 гидрологических района. Первый занимал нижнюю часть русла р. Пенжины. В нем наблюдались затухающие приливные колебания уровня (до 52 км от устьевого створа реки), периодические (возникающее в приливную фазу) обратные течения (до 20–30 км от устья), а также замутнение и осолонение воды в приливную фазу (до 20–30 и 5–10 км от устья соответственно). Вторым районом охватывал «култучную» часть Пенжинской губы. Характерными для него были очень большие приливные колебания уровня (до 12 м), сильные реверсивные течения, значительные приливные колебания солености воды (от 0 до 6–9‰ в районе устьевого створа реки и от 6 до 14‰ в районе о. Орночка), закономерное увеличение солености в продольном направлении от реки к морю, а также интенсивное ветровое перемешивание водной толщи до дна. В северной части Пенжинской губы находился третий район, который отличался от предыдущего большей величиной солености воды (до 25‰), меньшей глубиной ветрового перемешивания и существованием поперечной неоднородности в движении водных масс.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Камчатскому УГМС и лично В.В. Ковбасюку за предоставленные данные сетевых гидрометеорологических наблюдений. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 14-05-00510, 14-05-10043, 15-05-10198.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гидрологические наблюдения и работы на гидрометеорологической сети в устьевых областях рек. 1993. Методические указания. РД 52.10.324-92. М.: Гидрометеоиздат. 183 с.
- Горин С.Л. 2012. Эстуарии полуострова Камчатка: теоретические подходы к изучению и гидролого-морфологическая типизация. Итоги 10 лет исследований // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 27. С. 5–12.

- Климат России. 2011. Научно-прикладной справочник. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». [Электронная версия]: <http://aisori.meteo.ru/ClspR>. Дата доступа: 30.05.2015.
- Кондратьев В.И.* 1974. Климат Камчатки. М.: Гидрометеоздат. 200 с.
- Михайлов В.Н., Горин С.Л.* 2012. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей — эстуариев // Водные ресурсы. Т. 39. № 3. С. 243–257.
- Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1985. Т. I. РСФСР. Вып. 18. Бассейны рек Камчатской области. Л.: Гидрометеоздат. 390 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1966. Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеоздат. 258 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеоздат. 368 с.
- Руководство по гидрологической практике. 2011. Т. 1. Гидрология: от измерений до гидрологической информации. ВМО-№ 168. 6-е изд. 514 с.
- Руководство по гидрологической практике. 2012. Т. 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. ВМО-№ 168. 6-е изд. 324 с.