

УДК 551.464:556

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ

Потапов В.В.

*ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»,
Петропавловск-Камчатский, e-mail: potapov@kscnet.ru*

Дается краткая гидрологическая характеристика Авачинской губы. Приводится расчет водного баланса. Показано, что губа, как водная система, имеет очень динамичный характер. Соленость Авачинской губы определяется в основном водообменом с Авачинским заливом и стоком рек Авача и Паратунка. Речные воды создают зону смешения лишь в поверхностном слое. Благодаря особенностям строения губы водообмен в губе проходит неравномерно. Поверхностные слои обмениваются водой значительно более интенсивно, чем придонные. Воды Авачинской губы имеют низкую среднегодовую температуру. Годовой ход температуры воды в Авачинской губе имеет положительные значения с апреля по ноябрь и отрицательные с декабря по март. Годовой ход изменения солености воды в губе значителен. Постоянно высокие значения солености в нижних горизонтах губы обусловлены влиянием океанической воды.

Ключевые слова: Авачинская губа, течения, приливы, отливы, водный баланс, коэффициент водообмена, температура, соленость

HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF AVACHINSKAYA BAY

Potapov V.V.

Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatskiy, e-mail: potapov@kscnet.ru

This work gives a brief characterization of the hydrological of Avachinskaya bay. The research provides water balance calculation. It is shown that bay as water system has a very dynamic character. Salinity of Avachinskaya bay defined, basically, water exchange with the Avacha Gulf and runoff of rivers Avacha and Paratunka. River water create a mixing zone only in the surface layer. Due to structural features of water exchange in the bay mouth passes unevenly. The surface layers of the water exchange is much more intense than demersal. Water of Avachinskaya bay has low annual average temperature. Annual variations in water temperature in the Avachinskaya bay has positive values from April to November and negative from December to March. Annual variation of salinity in the bay is significant. Constantly high salinity in the lower horizons of bay due to the influence of oceanic water. Rives waters create a zone offset only in the surface layer.

Keywords: Avachinskaya bay, current, tides, water balance, water exchange rate, temperature, salinity

Авачинская губа – бухта Тихого океана у юго-восточного берега п-ова Камчатка. Она занимает центральное положение в Авачинском заливе, выделяясь среди других бухт большими размерами, своеобразной формой и рельефом. Длина губы (без пролива) по меридиану составляет 24 км, ширина по параллели 12 км. Общая площадь поверхности водного зеркала меняется в зависимости от фазы прилива-отлива от 230 до 208 км². Объем воды составляет в среднем около 3,8 км³. Средняя глубина 18 м, максимальная – 28 м. В целом же преобладают глубины 15–25 м; они занимают 70% всей площади.

Берега губы приглубленные, изрезанные и образуют ряд бухт, многие из которых (Раковая, Петропавловская и др.) представляют собой удобные гавани, хорошо защищенные от ветров отрогами горных хребтов. Дно относительно ровное. Вся его центральная часть покрыта илом, ближе к берегу – песком, гравием и галькой. Суммарный годовой сток пресных вод в губу составляет около 6 км³; максимальный сток наблюдается в июне, а минимальный – в марте. Характер течений в Авачинской губе определяется влиянием приливов и отливов, вследствие этого суммарные те-

чения периодически меняют свою направленность и скорость [4; 5].

При минимальном склонении луны наблюдаются две полные и две малые воды в сутки, причем весной и осенью высота двух смежных полных и малых вод практически одинакова, т. е. имеет место правильный полусуточный ход приливов. Зимой и летом наблюдается большое суточное неравенство высот соседних полных вод, причем амплитуда прилива при этом мала и не превышает 80–85 см.

По мере увеличения склонения луны быстро растут суточные неравенства в высотах смежных вод, приливы становятся суточными с одной полной и одной малой водой. Малая вода имеет небольшую продолжительность стояния, тогда как полные воды с небольшими колебаниями по высоте имеют продолжительность стояния до 14 ч. Амплитуда прилива при этом наибольшая и может достигать 160–180 см.

Высота приливов бывает максимальной в апреле-июне. Разница между сизигийными и квадратурными высотами резко выражена. Почти во все периоды сизигийных циклов максимальные отливы приходятся на утренние и дневные часы и не доходят до нуля глубины не больше чем на

20–30 см. К осени разница между высотами полусуточных приливов, как и между высотами полных сизигийных и квадратурных отливов, почти нивелируется. При этом периоды больших сизигийных отливов перемещаются на ночные часы. Следовательно, в теплое время года литоральная биота испытывает сильное иссушающее воздействие и значительную инсоляцию.

Среднегодовое годовое колебание уровня в губе равно 147 см. С апреля по октябрь диапазон колебаний составляет 141–144 см. Максимальные колебания равные 157–158 см наблюдаются в декабре-январе. Скорость течений на поверхности губы достигает 35 см/с во время полной воды и падает до 10 см/с на малой воде. Придонные течения значительно слабее по скоростям, чем поверхностные (10–12 см/с), и, как правило, противоположны им по направлению [2]. Максимальная скорость течения наблюдается в горле губы.

Речной сток в большей степени поджимается к северо-западному берегу. У северо-восточного берега, в районе отб. Моховая до м. Сигнальный, он образует круговорот, обратный по направлению тому, который появляется здесь во время смены приливного течения на отливное. Вода рек Авача и Паратунка стекает в залив в основном вдоль юго-западного берега губы.

Из рек, впадающих в губу, наиболее крупной является Авача, на долю которой приходится около 80% годового стока. Река берет начало в отрогах Ганальского и Валагинского хребтов, имеет длину 122 км и водосборную площадь около 4800 км². До впадения в губу она протекает по обширной заболоченной равнине, левобережная часть которой ограничена подножием вулкана Авачинская сопка, а правобережная – невысоким водоразделом с бассейнами рек Тихой и Паратунка. Русло реки слабоизвилистое, на отдельных участках разветвленное. Преобладающая ширина русла 100–130 м, глубина 2–5 м, скорость течения около 1,5 м/с. [8] На приустьевом участке наблюдаются приливно-отливные течения. Глубина реки в малую воду падает до 0,6–0,8 м. Во время приливов берега на приустьевом участке почти полностью затопляются.

Водный баланс Авачинской губы был впервые рассчитан в сороковые годы И.Ф. Барановым [1]. Согласно его данным, итоговый водообмен Авачинской губы является результатом баланса между притоком речных вод и атмосферных осадков, с одной стороны, и процессами испарения и водообмена с заливом, с другой. Уравне-

ние водного баланса губы он выражает в следующем виде:

$$A + B = D + H,$$

где A – приток речных вод в губу; B – количество осадков, выпадающих на поверхность губы; D – испарение с поверхности губы; H – величина водообмена губы с заливом.

Принимая средний приток речных вод в губу равным 5,25 км³ в год и площадь губы 238 км², он получил толщину слоя воды, приносимую реками, – 22,06 м. С учетом среднегодовых сумм осадков (1,099 м) и испарения (0,373 м) он рассчитал, что из губы в залив в течение года выливается в среднем 5,42 км³ воды, что соответствует секунднему расходу 171,9 м³/с.

Расчет водного баланса Авачинской губы, проделанный [2; 3], не совсем согласуется с данными, полученными И.Ф. Барановым, поскольку при составлении водного баланса следует учитывать все источники поступления воды в губу и все статьи расхода воды из нее. Исходя из этого, уравнение водного баланса Авачинской губы будет иметь следующий вид:

$$W_p + W_{oc} + W_{np} + W_{под} + W_{ст} = W_z + W_{отл} + W_{исп} + W_{фил} \pm H,$$

где W_p – объем поступающего в губу водного стока; W_{oc} – объем атмосферных осадков, выпадающих на зеркало губы; W_{np} – объем воды, поступающей в губу из океана во время прилива; $W_{под}$ – объем подземных вод, поступающих в губу; $W_{ст}$ – объем сточных вод, поступающих в губу; W_z – постоянный водный сток воды в океан; $W_{отл}$ – объем воды, уходящей в океан при отливе; $W_{исп}$ – объем воды, испаряющейся из губы; $W_{фил}$ – объем воды, фильтрующейся из губы в океан; H – невязка водного баланса.

Определяя значения всех членов уравнения, необходимо учитывать, что гидрология Авачинской губы очень динамична. В связи с этим расчет водного баланса мы проводили по средним многолетним данным (2000–2009 гг.) всех статей водного баланса.

W_p – объем речного водного стока. Средний годовой расход воды в р. Авача составляет 137 м³/с, а в р. Паратунка – 45 м³/с, при максимальном расходе воды в половодье 542 и 259 м³/с соответственно. Остальные мелкие ручьи и речки не оказывают существенного влияния на среднегодовой водный баланс губы. Поэтому объем речного водного стока мы принимаем приблизительно равным среднему годовому стоку рек Авача и Паратунка. Среднегодо-

вой сток рек Авача и Паратунка составляет:
 $W_p = (137 + 45) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 5,74 \text{ км}^3/\text{год}$.

W_{oc} – объем атмосферных осадков. Среднегодовой слой атмосферных осадков составляет 1,1 м [6], а площадь водного зеркала губы в зависимости от фазы прилива-отлива колеблется от 208 до 230 км², при среднем значении 219 км². Следовательно, количество атмосферных осадков, выпадающих на зеркало губы, составит:
 $W_{oc} = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 219 = 0,24 \text{ км}^3/\text{год}$.

W_{np} – объем воды, поступающей в губу из океана во время прилива. Принимая среднее изменение уровня в губе равным 147 см, определим количество воды, поступающей в губу во время прилива. Оно равно 0,32 км³ ($1,47 \cdot 10^{-3} \cdot 219$). Для простоты расчета примем, что приливы в губе имеют суточный характер, тогда в течение года через губу за счет приливов пройдет следующий объем воды: $W_{np} = 0,32 \cdot 365 = 117,9 \text{ км}^3/\text{год}$.

$W_{под}$ – объем подземных вод, поступающих в губу. Данных по этой составляющей у нас нет, и учесть ее нет возможности. Необходимо отметить, что эта составляющая не должна быть большой, так как с запада подземные воды дренируются в реки Авача и Паратунка, а с востока расположен океан, и подземные воды могут поступать в губу только с севера со стороны Авачинской группы вулканов и с юга.

$W_{ст}$ – объем сточных вод, поступающих в губу из г. Петропавловска-Камчатского. Суммарный годовой объем сточных вод, сбрасываемых в Авачинскую губу составляет около 0,12 км³/год.

W_z – постоянный водный сток из губы воды в океан. Он складывается из водного

стока рек Авача и Паратунка, объема атмосферных осадков, выпадающих на водное зеркало губы, поверхностного стока (объем которого относительно других составляющих будет мал и поэтому его мы не учитываем) и объема сточных вод. Из этого надо вычесть объем испарившейся воды (см. ниже), составляющий 0,09 км³/год:
 $W_z = 5,74 + 0,24 + 0,12 - 0,09 = 6,01 \text{ км}^3/\text{год}$.

$W_{отл}$ – объем воды, уходящей в океан при отливе. Совершенно очевидно, что этот объем за достаточно длительный период (например за год) должен быть равен объему воды, поступившей в губу во время прилива. В противном случае должно наблюдаться изменение уровня губы – либо его повышение, либо понижение по сравнению с ординарным. Следовательно,
 $W_{отл} = 117,9 \text{ км}^3/\text{год}$.

$W_{исп}$ – объем воды, испаряющейся с водного зеркала губы. Средний многолетний слой испарения составляет 0,4 м, тогда объем испарившейся воды будет равен:
 $W_{исп} = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 219 = 0,09 \text{ км}^3/\text{год}$.

$W_{фильт}$ – объем воды, фильтрующейся из губы в океан. Эта составляющая водного баланса будет намного меньше, чем поступление в губу подземных вод. Это объясняется почти одинаковым уровнем воды в губе и в океане как во время прилива, так и во время отлива. В силу этих причин эту составляющую можно не учитывать.

H – невязка водного баланса. Невязка водного баланса может быть как положительной, так и отрицательной. Это обусловлено неточностью имеющихся сведений и нашими допущениями. Суммарный баланс приведен в таблице.

Водный баланс Авачинской губы

Статьи прихода	км ³ /год	%	Статьи расхода	км ³ /год	%
Речной сток	5,74	4,63	Постоянный сток	6,01	4,85
Атмосферные осадки	0,24	0,19	Испарение	0,09	0,07
Прилив	117,9	95,08	Отлив	117,9	95,08
Подземный сток	–	–	Фильтрация	–	–
Сточные воды	0,12	0,10			
Всего приход	124,0	100	Всего расход	124,0	100

Как видно из полученных данных, главной составляющей водного баланса Авачинской губы является объем воды, поступающей в губу во время прилива, и объем воды, уходящей из губы в океан во время отлива. Необходимо отметить, что расчет водного баланса, приведенный в этой работе, не совсем совпадает с выполненными ранее [2; 3]. Принципиально он не изменился, но из-за уменьшения объема

сточных вод их доля в общем приходе несколько уменьшилась. Так, в 80 гг. XX в. она составляла 0,15 %, а в настоящее время уменьшилась и составляет 0,1 %. В результате доля прилива, объем которого не изменился, немного увеличилась – до 95,08 %. Ранее он составлял 95,03 %.

Коэффициент водообмена губы (n), рассчитываемый исходя из объема губы (3,8 км³) и объема воды, проходящей

через нее за год, будет равен: $n = 124,0:3,8 = 32,63 \approx 33$ раза в год.

Коэффициент водообмена показывает, что Авачинская губа как водная система имеет очень динамичный характер. В то же время надо учитывать, что благодаря особенностям строения губы водообмен в губе проходит неравномерно. Поверхностные слои обмениваются водой значительно более интенсивно, чем придонные.

Ежесуточно в губу за счет прилива вливается в среднем около $0,32 \text{ км}^3$, а выливается $0,34 \text{ км}^3$ воды. Таким образом, среднесуточный расход воды за счет постоянного водного стока из губы составляет около $0,017 \text{ км}^3$, а среднемесячный $0,51 \text{ км}^3$. Постоянный сток из губы сильно меняется в течение года. С мая по август он составляет около $3,40 \text{ км}^3$, в сентябре-ноябре $1,40 \text{ км}^3$, а в декабре-апреле $1,28 \text{ км}^3$ [2].

Годовой ход температуры воды в Авачинской губе имеет положительные значения с апреля по ноябрь и отрицательные с декабря по март. В поверхностном слое воды переход температуры через 0°C обычно происходит в первой половине апреля. В мае и особенно июне прогрев усиливается, и отрицательные температуры исчезают на всех горизонтах. Максимальные значения температуры на поверхности наблюдаются в июле-августе и колеблются от $11\text{--}12^\circ\text{C}$ до 21°C . При этом у горла губы температура поверхностного слоя воды всегда ниже, чем в ее центральной части.

С сентября начинается охлаждение поверхностного слоя, а в придонных слоях и на мелководье температура продолжает повышаться. В октябре охлаждение водных масс охватывает всю толщу, исключая придонный слой в центре губы, где температура воды, напротив, достигает максимальных значений ($3,7\text{--}4^\circ\text{C}$).

Зимой в связи с наличием льда температура поверхностного слоя изменяется мало. Ее минимальные значения наблюдаются в феврале: в придонном слое они составляют $-0,3 \div -0,7^\circ\text{C}$, а на поверхности $-1 \div -2,0^\circ\text{C}$. Абсолютный минимум ($-2,0^\circ\text{C}$) наблюдается практически ежегодно.

Среднегодовая температура воды Авачинской губы равняется $3,9^\circ\text{C}$.

Для кутовой части Авачинской губы характерно раннее образование льда, в отдельные годы в этом районе он появляется в ноябре. В западном районе припайный лед появляется в декабре и держится до конца марта. В центральном и восточном районах сплошной ледовый покров, как правило, не образуется, так как лед постоянно выносятся в океан.

Режим солёности Авачинской губы определяется в основном водообменом с Тихим океаном и стоком рек Авача и Паратунка. Постоянно высокие значения солёности в нижних горизонтах губы обусловлены влиянием океанической воды. Речные воды создают зону смешения лишь в поверхностном слое. Наиболее распреснены воды в северо-западной, южной и юго-западной части губы. По мере удаления от устьев рек распреснение ослабевает, но даже у мыса Углового солёность значительно ниже, чем у противоположного восточного берега горла.

Годовой ход изменения солёности воды в губе довольно значителен. Уменьшение солёности начинается в апреле из-за увеличения берегового стока. Ее минимальные значения наблюдаются в июле и держатся на низком уровне до сентября. В осенние месяцы солёность начинает повышаться. Образование ледового покрова в зимние месяцы еще больше повышает солёность, и в январе она достигает своих максимальных значений. В этот же период происходит ее нивелирование по всей толще воды. Небольшое распреснение поверхностных слоев воды может наблюдаться в феврале. Его вызывает подток пресных вод под нижнюю поверхность ледового покрова [7].

Исходя из выше изложенного можно резюмировать, что Авачинская губа как водная система имеет очень динамичный характер, но из-за особенностей ее строения водообмен в губе проходит неравномерно и поверхностные слои обмениваются водой значительно более интенсивно, чем придонные. Солёность Авачинской губы определяется в основном водообменом с Тихим океаном (Авачинским заливом) и стоком рек Авача и Паратунка. Постоянно высокие значения солёности в нижних горизонтах губы обусловлены влиянием океанической воды. Речные воды создают зону смешения лишь в поверхностном слое. Среднегодовая температура воды Авачинской губы равняется $3,9^\circ\text{C}$. Годовой ход температуры воды в Авачинской губе имеет положительные значения с апреля по ноябрь и отрицательные с декабря по март.

Список литературы

1. Баранов И.Ф. Гидрометеорологический режим Авачинского залива и бухт юго-восточной Камчатки. – Петропавловск-Камчатский : ГФД КУГКС, 1944. – 147 с.
2. Березовская В.А. Авачинская губа: гидрохимический режим, антропогенное воздействие. – Петропавловск-Камчатский : КГАРФ, 1999. – 156 с.
3. Березовская В.А. Водный баланс Авачинской губы // Эколого-экономические проблемы рационального природопользования Камчатки. Труды КамчатГТУ. – Петропавловск-Камчатский : КГТУ, 2001. – Вып. 12. – С. 32–36.

4. Богданов К.Т. Приливы Тихого океана // Труды ИОАН. – 1962. – Т. 60. – С. 142–160.
5. Богданов К.Т. Распределение полусуточных приливных волн по акватории Тихого океана // Океанические исследования. – 1962. – № 5. – С. 5–18.
6. Кондратьев В.И. Климат Камчатки. – М.: Гидрометеоиздат, 1974. – 202 с.
7. Ляндзберг Р.А., Березовская В.А. Сезонные изменения солёности и рН в водах смешения при впадении нерестовых рек в Авачинскую губу // Пути развития предприятий рыбной промышленности Камчатки. Тез. докл. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский, 1985. – С. 31.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка. – Л.: 1973. – Т. 20. – 367 с.

References

1. Baranov I.F. Gidrometeorologicheskiy rezhim Avachinskogo zaliva i bukht yugo-vostochnoy Kamchatki [Hydrometeorological regime Avachinskaya bay and coves south-eastern of Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, GFD KUGKS, 1944. 147 p.
2. Berezovskaya V.A. Avachinskaya guba: gidrokhimicheskiy rezhim, antropogennoe vozdeystvie [Avachinskaya bay: hydrochemical regime, anthropogenic impact]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KGARF, 1999. 156 p.
3. Berezovskaya V.A. Trudy KamchatGTU. 2001. no. 12. P. 32–36.

4. Bogdanov K.T. Trudy IOAN. 1962. T. 60. pp. 142–160.
5. Bogdanov K.T. Okeanicheskie issledovaniya. 1962. no. 5. pp. 5–18.
6. Kondratyuk V.I. Klimat Kamchatki [Climate of Kamchatka]. M., Gidrometeoizdat, 1974. 202 p.
7. Lyandzberg R.A., Berezovskaya V.A. Puti razvitiya predpriyatiy rybnoy promyshlennosti Kamchatki [Ways of development of fish industry of Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 1985. P. 31.
8. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Kamchatka [Surface water resources in the USSR. Kamchatka]. L., 1973. T. 20. 367 p.

Рецензенты:

Кузякина Т.И., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

Сердан А.А., д.х.н., профессор, ведущий научный сотрудник кафедры химии нефти и органического катализа Химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 02.09.2014.